# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 8 DÉCEMBRE 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

---

## RENOUVELLEMENT ANNUEL

### DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Ch. Lallemand** est élu vice-président de l'Académie pour l'année 1925.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **P. Appell** et **L. Guignard** sont réélus membres des Commissions administratives.

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret en date du 4 décembre 1924 qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Georges Claude** pour occuper, dans la Division des Applications de la science à l'industrie, la place vacante par la mort de M. *H. de Chardonnet*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Georges Claude** prend place parmi ses Confrères.

M. **P. Painlevé** fait hommage à l'Académie d'un ouvrage de M. **Paul Dumanois**, intitulé : *Moteurs à combustion interne*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Daniel Berthelot** fait hommage à l'Académie du *Traité d'Électricité atmosphérique et tellurique*, qui vient de paraître sous les auspices de la 6e Section du Comité français de Géodésie et de Géophysique.

L'ouvrage a été publié sous la direction de M. **Mathias**, Correspondant de l'Académie, qui en a rédigé le plan, en a écrit plusieurs des chapitres les plus importants et a assuré la coordination des chapitres dus à des auteurs différents. Une pléiade de spécialistes de valeur, MM. Bosler, Dongier, Girousse, Loisel, Maurain, Mesny, ont bien voulu lui apporter leur concours désintéressé.

Précédé d'une Préface de M. Berthelot, président de la 6e Section, l'ouvrage est divisé en trois parties. La première partie est consacrée aux phénomènes électriques dont l'air est le siège, mais qui n'en troublent pas la sérénité (champ électrique de l'atmosphère, conductibilité et ionisation atmosphérique, mobilité des ions, radioactivité de l'air). La seconde partie traite des météores électriques (foudre, feu de Saint-Elme, aurore boréale) ainsi que des précipitations électriques et des perturbations électromagnétiques dues aux ondes d'origine naturelle ou artificielle. La troisième partie a pour objet l'électricité tellurique (courants telluriques d'origine naturelle ou artificielle, matières radioactives de l'écorce terrestre et chaleur qu'elles dégagent).

Le texte est accompagné de nombreuses illustrations. Chacun des chapitres est suivi d'une bibliographie étendue et bien à jour.

Ce livre vient à son heure, car la Physique du globe qui, avant 1920, n'était pas enseignée dans nos Universités, vient d'être introduite dans la plupart d'entre elles. Il rendra service aux étudiants et aux chercheurs.

## ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un académicien libre en remplacement de M. le prince *Bonaparte* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 71,

| | | | |
|---|---|---|---|
| M. Paul Séjourné | obtient. . . . . . . | 42 | suffrages |
| M. Jean Charcot | » . . . . . . . . | 27 | » |
| M. Charles Achard | » . . . . . . . . | 1 | suffrage |
| M. Louis Martin | » . . . . . . . . | 1 | » |

M. **Paul Séjourné**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

## NOMINATIONS.

M. **Widal** est désigné pour représenter l'Académie à la cérémonie dans laquelle M. le maréchal Pétain remettra le cordon de grand'croix de la Légion d'honneur à M. **Bergonié**, Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, le 14 décembre 1924, à Bordeaux.

## PLIS CACHETÉS.

M. **Stéphane Lwoff** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 3 janvier 1922 et inscrit sous le n° 8953.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Télégraphie sans fil. Émission par battements.*

(Renvoi à l'examen de M. Ferrié.)

## CORRESPONDANCE.

M$^{me}$ V$^{ve}$ **Claude Guichard** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée aux travaux de son mari.

M$^{me}$ **Hélène Metzger** et MM. **Pierre Chevenard**, **Marcel Crozet-Fourneyron**, **Alexandre Dufour**, **Georges Dupont** et **Maurice Vezes**, **Antoine Foillard**, **Edgard Haudié**, **Michel Hubert**, **Achille Le Bel**, **Camille Matignon**, **Charles Maurain**, **Paul Montel**, **Clément Vaney** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. **Félix Arago** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par la mort de M. *E. Bertin*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Cours d'Astronomie appliquée et Géodésie professé à l'École spéciale des Travaux publics, du Bâtiment et de l'Industrie*, par H. Roussilhe. (Présenté par Ch. Lallemand.)

2° *Livre jubilaire offert au professeur Émile Forgue à l'occasion de sa quarantième année d'enseignement*. (Présenté par M. Bazy.)

3° *Notes sur les Fougères*, par Henri Gadeau de Kerville.

4° *Bulletin de l'Association technique maritime et aréonautique*, n° 28 (session de 1924).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les fonctions $V_{m,n}$ d'Hermite à indices imaginaires*. Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Paul Appell.

Soit, dans l'espace à quatre dimensions, le changement de variables

$$x = \rho u, \quad y = \rho v, \quad z = \rho \cos\varphi \sqrt{1 - u^2 - v^2}, \quad t = \rho \sin\varphi \sqrt{1 - u^2 - v^2},$$

où les hypersurfaces $\rho = \text{const.}$ sont des hypersphères $u = \text{const.}$ et $v = \text{const.}$ des hypercônes. Si l'on cherche une solution de l'équation de Laplace $\Delta V = 0$, de la forme

$$R(\rho)\, U(u, v) \begin{matrix}\sin\\ \cos\end{matrix} m\varphi,$$

on est amené à l'équation

$$\left[(1-u^2)\frac{\partial^2 U}{\partial u^2} - 2uv\frac{\partial^2 U}{\partial u\, \partial v} + (1-v^2)\frac{\partial^2 U}{\partial v^2} - 3u\frac{\partial U}{\partial u} - 3v\frac{\partial U}{\partial v}\right] R + \frac{U}{\rho}\frac{d}{d\rho}\left(\rho^3\frac{dR}{d\rho}\right) - \frac{m^2 U R}{\sqrt{1-u^2-v^2}} = 0.$$

Pour éliminer les termes en $\rho$, on peut prendre $R = \rho^n$ : on est alors conduit à une fonction harmonique finie pour toute valeur finie de $\rho$, c'est-

à-dire sur toute hypersphère : c'est la fonction de Laplace connue, qui amène aux fonctions hypersphériques. Mais si nous voulons une fonction harmonique finie sur tout hypercône (sauf peut-être à l'origine), il nous faudra prendre pour R une fonction ne croissant pas indéfiniment avec $\rho$; nous y parviendrons en faisant

$$R = \rho^{-1} \frac{\sin}{\cos} q \log \rho,$$

$q$ étant un entier quelconque. L'équation aux dérivées partielles de la fonction U, que nous appellerons dès lors *fonction hyperconique*, sera, en nous bornant aux fonctions *zonales* (le cas général s'y ramène d'ailleurs par des dérivations),

$$(1) \quad (1-u^2)\frac{\partial^2 U}{\partial u^2} - 2uv\frac{\partial^2 U}{\partial u\,\partial v} + (1-v^2)\frac{\partial^2 U}{\partial v^2} - 3u\frac{\partial U}{\partial u} - 3v\frac{\partial U}{\partial v} - (4q^2+1)U = 0.$$

Or, les polynomes $V_{m,n}(x, y)$ d'Hermite, généralisation des polynomes de Legendre, vérifient l'équation

$$(2) \quad (1-x^2)\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} - 2xy\frac{\partial^2 V}{\partial x\,\partial y} + (1-y^2)\frac{\partial^2 V}{\partial y^2} - 3x\frac{\partial V}{\partial x} - 3y\frac{\partial V}{\partial y} + (m+n)(m+n+2)V = 0,$$

que l'on rendra identique à l'équation (1) en prenant pour $m$ et $n$, non plus des entiers, mais des nombres complexes de la forme

$$-\frac{1}{2} + i\mu, \quad -\frac{1}{2} + i\nu \qquad (\mu \text{ et } \nu \text{ entiers}).$$

Le rôle de fonctions hyperconiques peut donc être joué par des extensions, à indices imaginaires, des polynomes $V_{m,n}$ d'Hermite. On rapprochera avec intérêt ce fait, comme nous le faisons dans les tableaux suivants, de résultats connus dans l'espace ordinaire ou analogues dans l'hyperespace.

I. — *Trois dimensions.*

| Fonctions. | Fonctions $P_n$ de Legendre. | |
|---|---|---|
| *Sphériques* | $n$ entier | |
| *Toroïdales* | $n = \frac{1}{2} + p$ | $p$ entier |
| *Coniques* | $n = -\frac{1}{2} + ip$ | $p$ entier |

II. — *Quatre dimensions.*

| Fonctions. | Fonctions $V_{m,n}$ d'Hermite. | | |
|---|---|---|---|
| *Hypersphériques*. . . . | $m$; $n$, entiers | | |
| *Hypertoroïdales*. . . . . | $m = \frac{1}{2} + \mu$, | $n = \frac{1}{2} + \nu$ | $\mu$, $\nu$ entiers |
| *Hyperconiques*. . . . . . | $m = -\frac{1}{2} + i\mu$, | $n = -\frac{1}{2} + i\nu$ | |

L'introduction des fonctions $V_{m_1, m_2, \ldots}$ de Didon permet une généralisation immédiate pour un nombre quelconque de dimensions.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les suites de fonctions de la classe I (Baire).* Note de M. A. **Kovanko**, présentée par M. Émile Borel.

Soit

$$(1) \qquad f_1(x),\ f_2(x),\ f_3(x),\ \ldots \qquad (a \leqq x \leqq b)$$

une suite de fonctions de la classe I (au sens de Baire) qui converge vers la fonction

$$(2) \qquad f(x) \text{ sur } (a \leqq x \leqq b).$$

Nous posons le problème suivant :

« Trouver la condition nécessaire et suffisante pour que $f(x)$ soit de la classe I. »

Nous démontrons le théorème suivant :

« Si, étant donnés les nombres $\varepsilon > 0$ et $N > 0$, et l'intervalle $(\alpha, \beta)$ dans $(a, b)$, il est possible de trouver dans $(\alpha, \beta)$ un intervalle $(x_0 - \delta_n, x_0 + \delta_n)$ tel que $|f(x) - f_n(x)| < \varepsilon$ pour tout $n > N$ et pour $|x - x_0| < \delta_n$; alors la fonction $f(x)$ est de la classe I et inversement. »

1. La condition indiquée est suffisante.

Soit $E_{\varepsilon,n}$ l'ensemble des points où l'oscillation de $f_n(x)$ est $\geqq \varepsilon$.

Comme $E_{\varepsilon,n}$ est non dense, il est possible de trouver dans l'intervalle donné $(\alpha, \beta)$ un intervalle $(\alpha_n, \beta_n)$ qui est libre des points de $E_{\varepsilon,n}$.

A cause de notre condition il existe dans $(\alpha_n, \beta_n)$ un intervalle $(x_0 - \delta_n, x_0 + \delta_n)$ tel que

$$(3) \qquad |f(x) - f_n(x)| < \varepsilon \quad \text{pour} \quad |x - x_0| < \varepsilon_n \quad \text{et} \quad n > N.$$

De plus, nous avons

$$(4) \qquad |f_n(x) - f_n(x_0)| < \varepsilon \quad \text{pour} \quad |x_0 - x| \leqq \delta'_n \qquad (\delta'_n \leqq \delta_n).$$

Comme la suite (1) converge au point $x_0$, nous avons

(5) $$|f(x) - f_n(x_0)| < \varepsilon \quad \text{pour} \quad n > N'.$$

Soit

$$N'' = \max(N, N') \quad \text{et} \quad 0 < h < \delta'_n;$$

alors en posant $n > N''$, nous avons [de (3), (4) et (5)]

$$|f(x) - f(x_0)| \leq |f(x) - f_n(x)| + |f_n(x) - f_n(x_0)| + |f(x_0) - f_n(x_0)| < 3\varepsilon.$$

Donc

(6) $$|f(x) - f(x_0)| < 3\varepsilon \quad \text{pour} \quad |x - x_0| < h.$$

Comme les intervalles $(x_0 - \delta'_n, x_0 + \delta'_n)$ sont en leur ensemble partout denses, nous avons de (6) que $f(x)$ est ponctuellement discontinue (donc de la classe I).

2. La condition est nécessaire.

Soient $f(x)$ de la classe I; $E_\varepsilon$ l'ensemble des points où l'oscillation de $f(x)$ est $\geq \varepsilon$.

L'ensemble $G = \sum_{n=1}^{\infty} E_{\varepsilon, n} + E_\varepsilon$ est sûrement un ensemble de la première catégorie.

Donc son complémentaire CG est partout dense sur $(a, b)$. Soit $(\alpha, \beta)$ un intervalle quelconque. Dans l'intervalle $(\alpha, \beta)$ il existe des points de CG. Soit $x_0$ un tel point.

Nous avons

(7) $$|f_n(x) - f_n(x_0)| < \varepsilon \quad \text{pour} \quad |x - x_0| < h_n$$

et

(8) $$|f(x) - f(x_0)| < \varepsilon' \quad \text{pour} \quad |x - x_0| < h.$$

De (7), (8) et (5), nous avons

$$|f(x) - f_n(x)| \leq |f(x) - f(x_0)| + |f(x_0) - f_n(x_0)| + |f_n(x) - f_n(x_0)| < 3\varepsilon,$$

Donc

(9) $$|f(x) - f_n(x)| < 3\varepsilon \quad \text{pour} \quad |x - x_0| < \delta_n = \min h, h_n.$$

Nous avons bien notre condition.

Notre théorème est démontré.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur quelques problèmes de Laplace.* Note de M. **Stanislas Millot**, présentée par M. d'Ocagne.

I. Au Chapitre VI du Livre II de sa *Théorie analytique des probabilités*, Laplace a étudié longuement, et par des moyens différents, quatre types de problèmes.

Nous avons indiqué, dans une Note antérieure ([1]), comment une méthode élémentaire pouvait permettre de résoudre les problèmes des deux premiers types.

Il n'est pas inutile de montrer que cette méthode est assez générale pour donner également la solution des deux autres types, qui se ramènent très simplement au second.

II. *Premier type.* — Sur $m$ naissances on a trouvé $r$ garçons. Quel est le degré de certitude que la naissance d'un garçon est plus probable que celle d'une fille ?

Les données $m$ et $r$ définissent ce que nous avons appelé une *zone de probabilité*. En comparant cette zone à la probabilité fixe $\frac{1}{2}$, on obtient le degré de certitude cherché et le résultat s'accorde avec celui trouvé par Laplace.

Laplace a également indiqué, mais seulement par un résultat numérique, sans justification, que la probabilité de baptême d'un garçon semblait, à Paris, être plus proche de l'unité que dans l'ensemble de la France.

Nous avons comparé la zone de probabilité au rapport $\frac{22}{43}$, admis alors pour la France.

Le résultat n'eût été altéré qu'à partir de la 72^e décimale si nous avions cherché le degré de certitude que la probabilité réelle de baptême d'un garçon était comprise entre 0,5 et $\frac{22}{43}$.

Le degré de certitude que cette probabilité réelle est comprise entre deux limites données est, évidemment, l'*excès sur l'unité* du total obtenu en additionnant le degré de certitude que la probabilité réelle est inférieure à la limite la plus élevée et le degré de certitude qu'elle est supérieure à la limite la plus basse.

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1695.

III. *Deuxième type*. — On a trouvé, dans une ville, $r$ garçons sur $m$ naissances et, dans une autre ville, $r'$ garçons sur $m'$ naissances. Quel est le degré de certitude qu'une différence existe dans les probabilités de naissance d'un garçon relatives à ces deux villes ?

La solution est obtenue par la comparaison des deux zones de probabilité $(m, r)$ et $(m', r')$. Notre formule (6) donne la probabilité à laquelle il convient de comparer l'une ou l'autre des deux zones.

On est ramené au type précédent.

IV. *Troisième type*. — Le recensement d'une partie de la France a donné une population $m$ et $r$ naissances annuelles. Supposant que le nombre annuel des naissances soit $r'$ pour la France entière, et ayant pris comme population totale la quantité proportionnelle $\frac{r'm}{r}$, quel est le degré de certitude P que l'erreur sur cette évaluation ne dépassera pas la valeur $\varepsilon$ ?

Il suffit de poser $m' = \frac{r'm}{r} \pm \varepsilon$ et de comparer la zone hypothétique $(m', r')$ à la zone observée $(m, r)$ pour obtenir le degré de certitude que la première est incompatible avec l'existence d'une probabilité réelle constante.

En appliquant aux données numériques de Laplace [1], nous trouvons, pour P, 0,99556 et 0,99596 (selon le signe de $\varepsilon$), au lieu de 0,99914 (résultat de Laplace).

V. *Quatrième type*. — On a obtenu, en un certain nombre d'années, $r$ garçons sur $m$ naissances. Quel est le degré de certitude que la supériorité des naissances de garçons se maintiendra, chaque année, pendant un siècle ?

Laplace admet que si le degré de certitude de cette supériorité pendant une année est P, celui de la persistance pendant un siècle sera $P^{100}$.

Pour avoir P, il suffit, le nombre annuel $m'$ des naissances étant constant, de supposer que la limite inférieure des naissances de garçons est atteinte, c'est-à-dire que l'on a $r' = \frac{m'}{2}$.

En comparant les zones $(m, r)$ et $(m', r')$, on obtient P ; mais, comme notre méthode donne des résultats moins distants de 0,5 que celles de Laplace, la répercussion de cette différence sur $P^{100}$ est importante.

---

(1) *Œuvres complètes*, 2e Partie, t. 7, p. 401.

ASTRONOMIE. — *Un nouvel instrument pour la détermination de l'heure et de la latitude.* Note de M. E. Paloque, présentée par M. H. Andoyer.

Il n'existe pas à l'heure actuelle d'instrument permettant l'observation du passage simultané de deux astres dans le même azimut. Les avantages que présenterait ce mode d'observation, en vue de la détermination de l'heure et de la latitude, sont incontestables et ont été signalés à maintes reprises. Nous avons cherché les moyens de réaliser pratiquement un tel instrument par un dispositif dont voici le principe.

L'axe optique d'une lunette se maintient horizontal indépendamment de l'observateur. A cet effet on peut faire flotter la lunette sur un bain de mercure, ou encore la suspendre par un couteau analogue à celui d'une balance de précision de manière à lui assurer le maximum de sensibilité, tout en évitant l'inconvénient des oscillations grâce à l'emploi d'un amortisseur sans influence sur la position d'équilibre. En outre la lunette et son support sont renfermés dans une enveloppe qui les met à l'abri de l'agitation atmosphérique; un oculaire redresseur est fixé à cette enveloppe.

Les images de deux étoiles vues simultanément dans la lunette se présentent sous la forme non de points, mais de petites lignes; le plan défini par chacune de ces lignes-images et le centre optique de l'objectif reste normal à la direction de l'étoile correspondante. Ce résultat est atteint sans que l'on ait à faire intervenir la stabilité ni la rigidité de l'instrument, mais en se basant seulement sur la constance des angles de deux prismes. Le type de prisme adopté dérive du prisme pentagonal modifié de la manière suivante.

L'une des faces principales est une portion de cylindre de grand rayon dont la génératrice est perpendiculaire à celle du prisme; le rayon est calculé de manière que la longueur de chaque ligne-image corresponde à un arc de 5′ environ.

Le prisme pentagonal, d'un usage courant en optique, présente deux faces dites principales rectangulaires; deux autres argentées et vernies forment entre elles un angle de 45° tronqué au voisinage du sommet. Un rayon de direction quelconque tombant sur l'une des faces principales subit deux réflexions, et sort de l'autre face principale suivant une direction qui se déduit de la première par une rotation de 90° autour d'un axe parallèle aux arêtes du prisme.

L'instrument comporte deux prismes pentagonaux dont la face princi-

pale plane est normale à l'axe horizontal de la lunette et qui peuvent tourner autour de cet axe indépendamment l'un de l'autre. Chacun d'eux est muni pour son calage d'un cercle divisé; convenablement orientés ils renvoient parallèlement à l'axe les rayons de deux astres situés dans un même plan vertical. Le prisme le plus éloigné couvre entièrement l'objectif, l'autre n'en couvre qu'une moitié, d'une manière symétrique par rapport à son centre; sa largeur n'est donc que les deux cinquièmes environ de la largeur du premier et il intercepte une partie des rayons qui en sortent. L'ensemble de l'instrument est mobile autour d'un axe vertical.

Deux gros fils parallèles horizontaux très rapprochés sont disposés dans le plan focal de la lunette et fixés à celle-ci de telle sorte que leur milieu soit sur l'horizontale du centre optique de l'objectif; ils partagent les lignes-images en trois tronçons; l'observation consiste à noter l'instant où les parties intermédiaires de ces lignes se coupent en leur milieu. A ce moment les deux astres sont dans le même azimut.

Il sera nécessaire d'apporter une correction à l'heure notée, car, d'une part, les angles théoriques des prismes ne peuvent être réalisés avec une précision absolue et, d'autre part, l'axe optique de la lunette n'est pas rigoureusement horizontal; il en résulte trois constantes instrumentales qui sont facilement mesurées indépendamment des observations par un dispositif micrométrique. D'ailleurs, les conditions de l'observation restant les mêmes, cette correction change seulement de signe quand on fait tourner l'instrument de 180°; on pourra donc, dans une série d'observations, éliminer en grande partie l'influence des constantes, qui n'auront besoin d'être connues qu'avec une précision inférieure à celle qu'on est en droit d'attendre de l'instrument.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur l'arrivée dans le système solaire d'un astre étranger.* Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Hadamard.

Je veux ici compléter les résultats obtenus dans des travaux précédents et relatifs aux trajectoires du problème des trois corps [1]. Supposant que

---

[1] *Annales scientifiques de l'Ecole Normale supérieure*, 3e série, t. 39, 1922, p. 29-130 : une proposition, énoncée sans démonstration (p. 32, en note), est erronée, et rectifiée par les résultats énoncés ici.

dans ce problème le mouvement n'est pas arrêté par un choc ([1]), j'ai démontré que, quand le temps croît indéfiniment sur une trajectoire donnée dans un sens donné, chacune des trois distances mutuelles peut présenter seulement les quatre cas qui suivent : ou bien elle est infiniment grande d'ordre 1 par rapport au temps, ou bien elle est infiniment grande d'ordre 2 : 3, ou bien elle est bornée supérieurement, tout comme le rayon vecteur du problème des deux corps; à l'exception peut-être de trajectoires, dont l'existence reste douteuse, et sur lesquelles indéfiniment tantôt les trois distances mutuelles sont inférieures à une longueur fixe, tantôt l'une d'entre elles est inférieure à une longueur fixe et les deux autres deviennent supérieures à toute longueur fixée à l'avance.

Ces résultats comportent le complément suivant. Représentons le mouvement des trois masses $m_1$, $m_2$, $m_3$ dans l'espace à douze dimensions en prenant comme coordonnées d'un point de cet espace les trois coordonnées rectangulaires $x$, $y$, $z$ de la masse $m_2$ par rapport à la masse $m_1$, les trois coordonnées $\xi$, $\eta$, $\zeta$ de la masse $m_3$ par rapport au centre de gravité des masses $m_1$ et $m_2$, et les six dérivées par rapport au temps $x'$, $y'$, $z'$, $\xi'$, $\eta'$, $\zeta'$. Et posons

$$h = \frac{1}{2}\frac{m_1 m_2}{m_1+m_2} S x'^2 + \frac{1}{2}\frac{(m_1+m_2)m_3}{m_1+m_2+m_3} S \xi'^2 - \frac{m_2 m_3}{r_{23}} - \frac{m_3 m_1}{r_{31}} - \frac{m_1 m_2}{r_{12}}.$$

*Les trajectoires du problème des trois corps divisent l'espace à douze dimensions en cinq continua.* Dans l'un, le continuum *extérieur*, situé dans la région $h > 0$, chaque trajectoire suivie dans les deux sens est *hyperbolique :* les trois distances mutuelles y sont des infiniment grands d'ordre 1 par rapport au temps. Dans le continuum *intérieur*, situé dans la région $h < 0$, dans chacun des deux sens où l'on peut suivre chaque trajectoire, ou bien les trois distances mutuelles sont bornées, ou bien cette trajectoire est de

---

([1]) Nous écartons les trajectoires aboutissant à un choc des trois coups, et situées dans l'espace à douze dimensions sur une multiplicité algébrique à neuf dimensions (puisque sur ces trajectoires les trois constantes des aires dans le mouvement par rapport au centre de gravité sont nulles). Les trajectoires conduisant à un choc de deux corps peuvent être continuées au delà de ce choc par le prolongement analytique de M. Sundman : les résultats énoncés s'étendent aux trajectoires ainsi prolongées. Mais il est clair que les conséquences qu'on peut tirer de ces résultats ont d'autant moins de valeur pratique que les trois corps ou deux d'entre eux deviennent plus voisins, et que la loi de Newton et le prolongement de M. Sundman représentent moins exactement les actions mutuelles et les mouvements de la réalité.

l'espèce exceptionnelle définie plus haut. Dans les trois autres continua, traversés chacun par la multiplicité algébrique $h = 0$, chaque trajectoire suivie dans les deux sens est *hyperbolique-elliptique :* deux distances mutuelles sont des infiniment grands d'ordre 1, et la troisième, la même dans un même continuum, est bornée.

Les frontières de ces trois derniers continua, multiplicités analytiques à onze dimensions, sont engendrées dans la région $h > 0$ par les trajectoires hyperboliques-paraboliques et dans la région $h < 0$ par les trajectoires paraboliques-elliptiques : ces frontières se rejoignent deux à deux sur la multiplicité $h = 0$, le long des trois multiplicités analytiques à dix dimensions engendrées par les trajectoires *paraboliques* (où les trois distances mutuelles sont des infiniment grands d'ordre 2 : 3).

Au point de vue théorique, dans un problème de Dynamique il est toujours important de relier les valeurs négatives très grandes et les valeurs positives très grandes du temps : qu'on se rappelle par exemple les efforts que Poincaré a consacrés à démontrer l'existence des solutions doublement asymptotiques dans le problème des trois corps. Au point de vue pratique, les résultats énoncés comportent les conséquences suivantes, dont l'application est immédiate avec une approximation supérieure aux approximations habituellement admises dans les hypothèses cosmogoniques.

Soit un système de deux corps, S et J, de masses quelconques, animés d'un mouvement elliptique d'excentricité quelconque, et soit un troisième corps M de masse quelconque, arrivant de l'infini dans une direction quelconque au voisinage des corps S et J.

Il est impossible que le corps M devienne satellite de l'un des corps S et J restant voisins, et plus généralement que le corps M reste indéfiniment au voisinage des corps S et J. C'est l'extension au cas général du problème des trois corps d'une proposition (1) démontrée par Schwarzschild dans le cas où la masse du corps M est nulle : les conséquences qui suivent sont plus inattendues.

Il est impossible que le système des corps S et J soit disloqué par l'ar-

---

(1) *Astronomische Nachrichten*, Band 141, 1896, p. 7. La proposition de Schwarzschild comportait une exception possible pour des trajectoires dont les points forment un ensemble de mesure nulle dans tout volume fini de l'espace à six dimensions où est représenté le mouvement de la masse nulle; mais il y a continuité de l'allure finale des trajectoires considérées en fonction des conditions initiales, et l'exception indiquée par Schwarzschild ne saurait se présenter, quelle que soit d'ailleurs la valeur de la troisième masse.

rivée du corps M, et que les trois corps s'écartent indéfiniment dans des directions divergentes. Il est impossible enfin que le corps M devienne satellite du corps S (ou J), et que le système de deux corps ainsi formé s'écarte indéfiniment du troisième corps J (ou S).

Après l'arrivée du corps M au voisinage des corps S et J, il ne peut se produire d'autre circonstance que la suivante. *Le corps* M *reste au voisinage des corps* S *et* J *pendant un intervalle de temps plus ou moins long, mais fini, puis s'en éloigne indéfiniment. Les deux corps* S *et* J *restent voisins;* les éléments osculateurs de leur mouvement relatif peuvent être plus ou moins profondément modifiés, mais restent ou finalement redeviennent elliptiques.

En d'autres termes, si l'on suppose qu'il ne se produise pas de choc, et que les actions mutuelles se réduisent à l'attraction newtonienne, *le système solaire*, supposé réduit à deux points matériels représentant le Soleil et Jupiter, *ne saurait capturer une comète ou un astre de masse quelconque que temporairement, et ne peut non plus être disloqué par l'arrivée d'un astre étranger.*

RELATIVITÉ. — *Sur une formule de la théorie de la relativité.* Note de M. **Charles Henry**, présentée par M. D. Berthelot.

La théorie de la relativité, par la formule

$$-\Delta\mu = \frac{QJ}{V^2}, \tag{1}$$

relie une perte de masse $-\Delta\mu$ à la chaleur Q dégagée au cours d'une combinaison chimique, J étant l'équivalent mécanique d'une calorie, V la vitesse de la lumière. On peut établir cette équation par une théorie bien différente, qui a l'avantage de laisser intact le postulat de Lavoisier, ces masses n'étant pas de véritables masses et de relier ces $\Delta\mu$ aux variations de températures instantanées $\Delta\tau$ précédemment définies [1], qui sont un des facteurs de $\Delta q$ [2] et à la constante de la gravitation; pour cela on s'appuie sur le modèle hydrodynamique de la masse, dérivé des expériences de Bjerknes

$$\mu = 2\sqrt{\pi\rho}\,\beta^3\nu, \tag{2}$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 558.
[2] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2248.

$\beta$ étant le rayon de la sphère pulsante ou du système vibrant, $\nu$ la fréquence, $\rho$ la densité de l'éther.

La constante de la gravitation K n'est pas rigoureusement la même, suivant que les masses en présence sont de qualité chimique identique ou différente.

Pour des masses atomiques identiques, le plomb, par exemple, dans les expériences de Cavendish, à l'unité de distance

$$K_1 = 6,716.10^{-8}; \tag{3}$$

pour des masses atomiques différentes : mercure-fer, cuivre (Braun), plomb, or (Boys),

$$K_0 = 6,667.10^{-8}; \tag{4}$$

c'est la valeur classique. Les systèmes en présence étant homogènes dans le premier cas, hétérogènes dans le deuxième, les $\tau$ ne sont pas les mêmes; les K ne peuvent être les mêmes, car ils s'ajoutent aux atomes du fait des concordances de signes de leurs vitesses thermiques avec des vitesses électroniques nécessairement différentes, deux masses différentes, la première, $\mu_1$, quand les atomes sont identiques, la deuxième, $\mu_0$, quand ils sont différents, en fonction des $\tau$ respectifs. D'après (3) et (4), on a effectivement

$$\frac{K_0}{K_1 - K_0} = \frac{(1+\mu_0)^2}{(1+\mu_1)^2 - (1+\mu_0)^2} = \frac{1}{0,00734}, \tag{5}$$

et cette quantité diffère peu de

$$\frac{1}{0,00731} = \frac{1}{2\alpha} = \frac{u\,\Delta\theta}{2\,\Delta u},$$

$\frac{\Delta u}{u} = \frac{1}{273} = \alpha$ étant, pour un degré absolu de température, le coefficient de dilatation des gaz parfaits, $\frac{K_0}{K_1 - K_0}$ représente une diminution relative des covibrances, ce qui est d'accord avec l'incoordination caractéristique de la température; en raison de l'égalité, à la limite, de la température stationnaire $\theta$ et de $\tau$, (5) devient

$$1 = \Delta\tau = \frac{2\,\Delta u}{u}\,\frac{1 + \mu_0^2 + 2\mu_0}{(\mu_1^2 + 2\mu_1) - (\mu_0^2 + 2\mu_0)}; \tag{6}$$

d'où

$$1 + \mu_0 = \frac{\mu_1 - \mu_0}{\sqrt{2\alpha}};$$

et, comme on peut écrire, $n$ étant quelconque, $M_1$, $M_0$, des masses croissant avec $n$,

$$1 + \mu_0 = (2n + 1 + 2\mu_0) - (2n + \mu_0) = M_1 - M_0,$$

il vient

$$\mu_1 - \mu_0 = \sqrt{2\alpha}(M_1 - M_0). \tag{7}$$

Considérons, au lieu d'atomes, des molécules et, dans le cas de la combinaison chimique, les fréquences atomiques dont elle dépend : mettons (2) sous la forme équivalente

$$M = 2\sqrt{\pi\rho}\, v^3 T^2; \tag{8}$$

$\sqrt{\rho} = 7,51.10^{-9}$, T la durée de la vibration atomique, $v$ une constante représentant la vitesse moyenne maxima des électrons circulant autour du noyau + et que l'on calcule par

$$v = \sqrt{\frac{e}{m}\frac{e}{r}} = 2,171.10^8,$$

avec $e = 4,248.10^{-10}$, $r = 0,48.10^{-8}$, rayon de l'orbite moyenne minima de l'hélium et d'une molécule quelconque.

Considérons, à titre d'exemple, KCl pour Cl isolé, K isolé, on a, d'après (8), pour la somme des masses covibrantes, $M_1 = 8,37.10^{-8}$; pour Cl combiné, K combiné, $M_0 = 2,64.10^{-8}$. Dans le premier cas, Cl et K sont en présence de systèmes identiques; dans le deuxième, en présence de KCl système différent : d'après (7) on a $(\sqrt{2\alpha} = 8,55.10^{-2})$

$$\Delta\mu = 8,55.10^{-2} \times 5,73.10^{-8} = 4,89.10^{-9};$$

la formule (1) donne $4,87.10^{-9}$; on a : $\mu_1 = 7,156.10^{-9}$; $\mu_0 = 2,26.10^{-9}$; étant données ces valeurs, (6) se réduit à

$$\Delta\tau = \frac{\alpha}{\mu_1 - \mu_0} = 7,47.10^5; \tag{9}$$

c'est la température instantanée de formation de KCl, sur laquelle on retombe sensiblement par une voie indépendante.

Je dis que, pour $\mu_0 = 0$, (6) devient

$$\Delta\tau = 1 = \frac{\Delta u}{u}\,\frac{2}{\mu_1^2 + 2\mu_1}; \tag{10}$$

en effet, l'évolution de $\mu_0$ vers o, c'est-à-dire une décroissance de l'hétéro-

gène, la probabilité d'émission d'un grain quelconque d'énergie $\varphi_\varepsilon = e^{-\frac{h\nu}{k\theta}}$ tendant vers 1, n'est qu'une expression de l'évolution vers les grandes valeurs de $\lambda\theta$ définies par $\frac{V}{\lambda\theta} = \frac{\nu}{\theta}$ tendant vers zéro; comme alors $\Delta S$ tend vers zéro, il y a réversibilité; donc $\Delta\tau$ reste constant et égal à 1, pour $\mu_0 = 0$.

De (10) l'on tire $\mu_1 = 3{,}673.10^{-3}$; d'où, en remplaçant $\mu_1$ par sa valeur dans (6), on obtient $\mu_0 = 1{,}516.10^{-5}$.

Par (9), connaissant $\Delta\tau$ et $\mu_1$, on peut calculer $\mu_0$ et par $\sqrt{\mu_0}$, d'après (8), le $T_0$ moyen du composé : résultat que l'on ne peut obtenir expérimentalement que pour les électrolytes, *avec les rayons restants*.

Ces masses diffèrent des masses vraies en ce qu'elles dépendent de la température (pour $\mu_0 = 0$, $\mu_1 = \frac{\alpha}{\theta}$; $\Delta\mu = 0$, pour $\Delta\tau = 0$).

On a $\beta_1^3 \nu_1^3 = \beta_0^3 \nu_0^3 = v^3 = 1{,}02.10^{25}$ avec $\beta_1^3 = 1{,}6.10^{-5}$, $\nu_1 = 8{,}596.10^9$; $\beta_0^3 = 4{,}26.10^{-9}$, $\nu_0 = 1{,}337.10^{11}$.

La perte de masse $\Delta\mu$ d'un atome quelconque à partir des combinaisons de l'atome d'hydrogène avec lui-même étant $8.10^{-3}$ (Aston), on trouve pour leur $\Delta\tau$ commun, $4{,}572.10^{-1}$, pour Q, $1{,}72.10^{11}$, $\Delta S = 2{,}43.10^{-5}$, $\lambda\theta = 8{,}75.10^{-25}$, d'où, avec $\lambda = 10^{-9}$, $\theta = 8{,}75.10^{-16}$, les $\lambda$ variant entre $10^{-11}$ et $10^{-9}$.

ÉLECTRICITÉ. — *Absorption des ondes électromagnétiques par la glace.* Note [1] de M. **Jean Granier**, présentée par M. Paul Janet.

Les résultats obtenus jusqu'à ce jour pour le pouvoir inducteur de la glace présentent de très grandes divergences. Je me suis proposé d'étudier systématiquement ce pouvoir inducteur et de rechercher si la glace possède dans le spectre électromagnétique une bande d'absorption.

Dans ce but, j'ai déterminé pour chaque fréquence la capacité C et la résistance R en dérivation dont l'ensemble absorbe le même courant que le condensateur à glace étudié avec le même angle de perte $\alpha$ (déphasage de la quantité d'électricité sur la tension). J'ai utilisé la méthode de résonance pour les longueurs d'onde inférieures à $6000^m$, la méthode du pont pour les longueurs d'onde supérieures ; l'appareil de mesure utilisé était un voltmètre amplificateur.

---

(1) Séance du 1er décembre 1924.

Pour de la glace provenant d'une eau deux fois distillée avec précautions et présentant à l'état liquide une résistivité de $0,65.10^6$ ohms-cm, j'ai obtenu à la température de $-12^\circ$ les chiffres suivants :

| Fréquence ($s^{-1}$). | Capacité C (farads). | Résistance R (ohms). | Pouvoir inducteur. | Angle de perte $\alpha$. |
|---|---|---|---|---|
| 6 700 000 | $0,075.10^{-9}$ | $2,6.10^4$ | 2,05 | 0°.40′ |
| 260 000 | $0,075.10^{-9}$ | $2,5.10^4$ | 2,05 | 18° |
| 51 000 | $0,085.10^{-9}$ | $2,6.10^4$ | 2,35 | 54 |
| 17 000 | $0,14\ .10^{-9}$ | $2,6.10^4$ | 3,8 | 68 |
| 5 400 | $0,44\ .10^{-9}$ | $2,7.10^4$ | 12 | 68 |
| 1 550 | $2,05\ .10^{-9}$ | $4,1.10^4$ | 56 | 50 |
| 320 | $3,12\ .10^{-9}$ | $22,5.10^4$ | 86 | 32 |
| 50 | $3,65\ .10^{-9}$ | $185\ .10^4$ | 100 | 28 |
| 4,3 | $5,6\ .10^{-9}$ | $> 10^7$ | 153 | » |

Résistance en courant continu $6,3.10^7$ ohms (sous 500 volts).

De ces résultats on conclut :

Pour des fréquences très élevées, l'angle de perte est très faible, comparable à celui des bons isolants industriels. Le pouvoir inducteur 2,05 correspond sensiblement au carré de l'indice optique et paraît dû à des déplacements de charges électriques à l'intérieur des atomes O et H.

Lorsque la fréquence diminue, la capacité augmente. Cet accroissement du pouvoir inducteur s'explique aisément si l'on considère la molécule de glace comme formée d'ions H et OH réunis entre eux par des forces élastiques et éprouvant dans leurs déplacements un frottement proportionnel à la vitesse très énergique en haute fréquence.

Pour des fréquences supérieures à $17000\,s^{-1}$, le déplacement de ces ions est faible et proportionnel à la période. Il en résulte une dissipation de puissance indépendante de la fréquence et par suite une résistance R constante; l'angle de perte est sensiblement proportionnel à la période. Les forces élastiques mises en jeu sont faibles, aussi l'augmentation de capacité est-elle peu considérable.

Pour des fréquences comprises entre $17000\,s^{-1}$ et $1550\,s^{-1}$ le déplacement des ions et les forces élastiques deviennent considérables; la capacité C croît rapidement (1). La vitesse des ions et par suite la résistance R diminuent; aussi l'angle de perte passe-t-il par un maximum.

---

(1) Ce résultat est d'accord avec ceux qu'à tout récemment publié M. Errera [*La dispersion des ondes hertziennes par les solides au voisinage du point de fusion* (*Journal de Physique*, 6e série, t. 5, octobre 1924, p. 304)].

Enfin, on doit s'attendre à ce qu'en basse fréquence la vitesse des ions devienne suffisamment faible pour que l'influence du frottement devienne négligeable. Le déplacement des ions étant alors à chaque instant proportionnel au champ électrique, la capacité deviendrait constante et la résistance R serait égale à $6,3.10^7$ ohms comme en courant continu.

Les résultats d'expérience ne vérifient qu'imparfaitement ces déductions. La courbe qui représente la capacité en fonction de la période présente bien entre 1500 $s^{-1}$ et 500 $s^{-1}$ un coude très net et le pouvoir inducteur voisin de 80 qui correspond à 500 $s^{-1}$ paraît bien être celui que possède la glace lorsque les ions H et OH peuvent se déplacer sans frottement. Toutefois, pour des fréquences inférieures à 500 $s^{-1}$, la capacité continue à croître régulièrement et la résistance en courant alternatif reste bien supérieure à la résistance en courant continu. On se trouve sans doute en présence d'un nouveau phénomène.

Par analogie avec les isolants industriels dans lesquels, comme je l'ai montré ([1]), les impuretés électrolytiques provoquent à basse fréquence une augmentation considérable de capacité, j'ai pensé que ce phénomène parasite provenait de la présence de sels dans la glace. Ne pouvant produire de la glace plus pure, j'ai congelé de l'eau contenant des traces d'acide sulfurique et dont la résistivité était $8.10^4$ ohms-cm. A la température de — 12°, j'ai obtenu les résultats suivants :

Pour une même fréquence, la résistance R est plus faible que précédemment, parce que, en plus des ions H et OH, il existe des ions électrolytiques. Cette résistance fictive R est d'ailleurs beaucoup plus faible que la résistance réelle mesurée en courant continu, ce qui indique que ces ions électrolytiques ne peuvent pas tous atteindre les armatures et qu'ils restent en majeure partie prisonniers dans des cavités plus ou moins fermées.

Le pouvoir inducteur reste sensiblement le même pour des fréquences élevées mais devient énorme à basse fréquence sans doute par suite du déplacement limité de ces ions électrolytiques. C'est ainsi par exemple que pour cet échantillon de glace impure, à la fréquence 4,3 $s^{-1}$, la capacité est $41.10^{-9}$ farad et le pouvoir inducteur 1120.

Il paraît donc naturel d'attribuer à la glace rigoureusement pure un pouvoir inducteur voisin de 80 en basse fréquence ou en courant continu et de considérer les valeurs supérieures trouvées expérimentalement comme dues à la présence d'impuretés électrolytiques.

---

([1]) *Les pertes d'énergie dans les diélectriques* (*Bulletin de la Société française des Électriciens*, 4e série, t. 3, n° 28, août 1923, p. 333).

Si l'on abaisse la température, le frottement éprouvé par les ions augmente. Par suite, ces ions ne peuvent atteindre leur position limite que pour des oscillations beaucoup plus lentes. C'est ainsi que, à la fréquence 6700000 $s^{-1}$, la résistance R est 75 fois plus élevée pour — 30° que pour — 2°, et que la fréquence pour laquelle le déplacement des ions paraît terminé est 3450 $s^{-1}$ pour — 2° et 50 $s^{-1}$ pour — 30°. La bande d'absorption se déplace vers les grandes longueurs d'onde lorsque la température diminue.

En résumé, pour les températures et les fréquences étudiées un condensateur à glace *pure* peut être schématiquement représenté par l'ensemble de deux condensateurs en parallèle, l'un de pouvoir inducteur égal à 2,05, l'autre de pouvoir inducteur voisin de 78, ce dernier étant disposé en série avec une résistance dont la valeur varie en sens inverse de la température. Il ne paraît pas actuellement possible de préciser davantage.

## SPECTROSCOPIE. — *Les doublets des métaux alcalins.* Note de M. Félix-Joachim de Wisniewski. (Extrait.)

J'ai donné ailleurs [1] une formule empirique qui rend compte de la largeur des doublets du cæsium. Voici une formule semblable, mais plus simple, donnant les largeurs des doublets successifs des séries principales de Na, K, Rb, Cs, $Mg^+$. Appelons $\Delta\nu$ la différence des fréquences des deux raies du doublet, $n$ le numéro d'ordre du doublet (notations de Ritz), $\alpha_z$ une constante caractéristique pour chaque élément, on a

$$\text{(A)} \qquad \Delta\nu = \frac{\alpha_z}{n^3}\left(1 - \frac{0,5}{n}\right).$$

Cette formule rend compte de même des valeurs de la différence $\Delta\nu_{13}$ caractérisant les largeurs totales des triplets de $Al^+$. Le tableau suivant montre l'accord entre les valeurs calculées et observées :

| Nos..... | 2. | | 3. | | 4. | | 5. | | 6. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | calc. | obs. | calc. | obs. | calc. | obs. | calc. | obs. | calc. | obs. | $\alpha_z$. |
| Na (11)...... | 17,1 | 17,18 | 5,63 | 5,49 | 2,49 | 2,49 | 1,31 | 1,5 | " | " | 182,6 |
| K (19)....... | 58,17 | 57,9 | 19,17 | 20,3 | 8,47 | 8,4 | 4,47 | 4,83 | 2,63 | 2,4 | 620,78 |
| Rb (37)..... | 237,7 | 237,7 | 78,1 | 77,5 | 34,6 | 35,0 | 18,25 | 19,3 | 10,7 | 10,5 | 2530,72 |
| Ce (55)...... | 554,1 | 554,1 | 182,5 | 181,1 | 80,8 | 80,2 | 42,5 | 42,8 | " | " | 5910 |
| MgI (12)..... | 91,5 | 91,5 | 30,1 | 30,5 | 13,3 | 14,1 | 7,03 | 7,6 | " | " | 976,6 |
| Al (13)...... | 127,9 | 127,3 | 42,11 | 43,4 | 18,66 | 19,7 | 9,82 | 9,9 | " | " | 1364,5 |

(1) *Physikalische Zeitschrift*, t. 24, 1923, p. 294.

Dans le cas de Na, K, Rb, Cs, la constante $\alpha_Z$ peut s'exprimer en fonction du nombre atomique Z de l'élément par la formule

(B) $$\alpha_Z = \varpi(Z-1)Z-2),$$

où $\varpi$ est une constante égale à 2,03.

Le tableau suivant montre en effet la constance de $\varpi = \frac{\alpha_Z}{(Z-1)(Z-2)}$ :

| | |
|---|---|
| Na(Z = 11) | $\varpi = 2,028$, |
| K(Z = 19) | $\varpi = 2,027$, |
| Rb (Z = 37) | $\varpi = 2,008$, |
| Cs(Z = 35) | $\varpi = 2,065$. |

Si l'on calcule d'après la formule (B) la valeur de $\alpha_Z$ pour le *lithium* (Z = 3), on trouve $\alpha = 4,06$. La formule (A) donne alors pour $n = 2$ la différence $\Delta\nu = 0,38$, alors que l'expérience donne 0,34.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude électrométrique de l'hydrolyse.* Note de M. **P. Job**, présentée par M. G. Urbain.

J'ai indiqué précédemment [1] une méthode permettant l'étude de l'hydrolyse des sels. Elle consiste à déplacer cette hydrolyse par l'action d'une base ou d'un acide forts, et à suivre ce déplacement par des mesures électrométriques. J'ai montré les avantages de cette méthode au point de vue qualitatif. Son application à l'étude quantitative du phénomène se heurte à un certain nombre de difficultés. Il est tout d'abord nécessaire de se mettre à l'abri du gaz carbonique de l'air. Cette précaution est particulièrement indispensable pour les solutions plus alcalines que l'eau pure. J'ai donc opéré dans un récipient fermé et parcouru par un courant continu d'hydrogène privé d'anhydride carbonique.

Supposons qu'il s'agisse d'étudier l'hydrolyse d'un acétate alcalin. Soit A sa concentration, assez petite pour que la dissociation en ions soit pratiquement complète et soit B la concentration en acide chlorhydrique ajouté [2]. Ces deux concentrations sont liées par la relation

(I) $$B = C_H - C_{OH} + \frac{AC_H}{K + C_H},$$

(1) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 49.

(2) La concentration du réactif est assez grande pour que le volume reste pratiquement invariable.

où $C_H$ et $C_{OH}$ désignent les concentrations en ions hydrogène et oxhydryle, et K la constante de dissociation de l'acide acétique [1]. Mais cette équation n'est exacte que si l'eau utilisée pour préparer la solution est parfaitement neutre. Il n'en est jamais ainsi. On peut tenir compte de cette particularité en recommençant les opérations sur un échantillon de la même eau sans addition d'acétate. Si B' est la concentration en acide chlorhydrique nécessaire pour obtenir la même concentration en ions $H^+$, on trouve facilement que

$$\text{(II)} \qquad B - B' = \frac{AC_H}{K + C_H} \quad (^2).$$

L'expérience montre que, sauf au voisinage du point neutre, B' peut être remplacé par $C_H$ :

$$\text{(III)} \qquad B = C_H\left(1 + \frac{AC_H}{K + C_H}\right).$$

Il suffit pour obtenir K par l'une des deux expressions précédentes de mesurer la concentration en ions $H^+$. On y parvient en déterminant la force électromotrice E de la chaîne :

$H^2$ | solution à étudier | solution saturée de $SO^4Na^2$, $SO^4K^2$, ou KCl | électrode normale au calomel

et en appliquant la formule classique $E = a + 0{,}05725 \log C_H$ (à 16°).

On obtient généralement la valeur de $a$, soit en la calculant à partir de la force électromotrice de l'électrode au calomel, soit en la mesurant par comparaison avec des solutions dites « tampon » dont on calcule *a priori* la concentration en ions $H^+$. Il m'a paru plus logique et plus sûr de la mesurer sur une solution obtenue dans les mêmes conditions que les précédentes par addition dans l'eau pure d'une petite quantité d'acide chlorhydrique. Dans ces conditions, il semble inutile de tenir compte de la différence de potentiel liquide | liquide. Les procédés théoriques ou empiriques que l'on a l'habitude d'utiliser à cet effet sont assez incertains, et d'ailleurs ce n'est pas la valeur absolue de cette différence de potentiel qui intervient, mais ses variations au cours des mesures. On peut admettre, jusqu'à preuve du contraire, qu'elles ne dépassent pas les erreurs expérimentales.

Dans les limites de concentration que j'ai indiquées [3] et quelle que soit la solution intermédiaire, j'ai obtenu pour K des valeurs (au nombre d'une centaine) oscillant irrégulièrement et de quelques centièmes autour de la valeur moyenne $3{,}5 \times 10^{-5}$. Cette valeur a été à peu près double de celle que l'on adopte ordinairement ($1{,}8 \times 10^{-5}$) [4].

---

[1] La constante d'hydrolyse K' est reliée à K par la relation $KK' = \varepsilon^2$, $\varepsilon^2$ étant la constante d'ionisation de l'eau.

[2] B' peut être négatif. Il représente alors la concentration (calculée en OH) de baryte nécessaire pour obtenir le même $C_H$.

[3] *Loc. cit.*

[4] Walpole, *J. Chem. Soc.*, t. 105, 1914, p. 2501.

Cette discordance peut être attribuée à deux causes. Elle peut être due au fait que l'on n'a pas tenu compte des différences de potentiel liquide | liquide. La concordance des résultats obtenus doit, semble-t-il, faire rejeter cette hypothèse. Cette discordance peut encore provenir de la manière dont j'ai choisi l'origine des potentiels. Mais on peut s'affranchir de cette origine. En effet l'équation (III) appliquée à une solution suffisamment diluée permet de calculer B en fonction de $C_H$, pour une valeur donnée de $k$. Construisons les courbes donnant $\log C_H$ en fonction de B pour $k = 3,5 \times 10^{-5}$ et pour $k = 1,8 \times 10^{-5}$. Si l'une de ces valeurs est exacte, la courbe expérimentale $\frac{E}{0,05725} = \alpha + \log C_H$ doit coïncider avec l'une des deux courbes précédentes par une simple translation le long de l'axe des forces électromotrices. En fait $(A = 10^{-3})$, elle peut se superposer exactement à la première $(k = 3,5 \times 10^{-5})$ [1], elle s'écarte notablement de la seconde.

A 16°, la constance de dissociation de l'acide acétique est donc de $3,5 \times 10^{-5}$ et la constance d'hydrolyse des acétates de $2,6 \times 10^{-10}$ environ.

Une méthode analogue, appliquée à divers sels ammoniacaux, donne pour leur constante d'hydrolyse la valeur $3,2 \times 10^{-10}$ et pour la constante de dissociation de l'ammoniaque la valeur $2,8 \times 10^{-5}$ [2].

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la température critique de dissolution des mélanges ternaires.* Note de MM. A. BOUTARIC et G. CORBET, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. On admet que la température critique de dissolution d'un mélange de deux liquides A et B avec un troisième liquide C peut être calculée par la règle des mélanges d'après les températures critiques de dissolution $\theta_1$ et $\theta_2$ de chacun des liquides A et B avec le liquide C. Crismer [3] a même fondé sur cette propriété une méthode d'analyse des mélanges. En réalité, Simon [4] et ses collaborateurs, étudiant la température critique de dissolution de mélanges de carbures avec l'aniline, ont constaté que la règle indiquée n'est pas générale.

---

[1] Cette valeur est encore confirmée par des mesures effectives sur l'acide acétique additionnée ou non de baryte.

[2] Ces dernières mesures ont été faites avec la collaboration de M^lle J. Waltz.

[3] CRISMER, *Bulletin de l'Académie Royale de Belgique*, 3e série, t. 30, 1895, p. 97.

[4] SIMON et CHAVANNE, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 185.

2. Nous nous sommes proposé d'étudier systématiquement comment varie la température critique de dissolution dans l'eau d'un mélange en diverses proportions de deux des corps suivants : phénol, aniline, acide salicylique, acide benzoïque.

Dans un tube scellé, on enferme un poids connu d'un mélange de composition $nB + (1 - n)A$ et un poids connu d'eau. On chauffe le mélange jusqu'à miscibilité complète, puis on refroidit lentement et on note la température à laquelle se produit l'opalescence. On brise la pointe du tube, on ajoute une nouvelle quantité d'eau, on détermine la nouvelle température d'opalescence et ainsi de suite. On peut alors tracer la courbe de miscibilité avec l'eau du mélange $nB + (1 - n)A$, sur laquelle on relève la température critique de dissolution.

On recommence la même détermination sur des mélanges $nB + (1 - n)A$ de composition variable, dans lesquels $n$ prend diverses valeurs entre 0 et 1. On trace la courbe représentant la variation de $\theta$ en fonction de $n$. Cette courbe, pour $n = 0$, part de l'ordonnée relative à la température critique $\theta_1$ du mélange d'eau avec le corps A et aboutit, pour $n = 1$, à l'ordonnée relative à la température critique $\theta_3$ du mélange d'eau et du corps B.

Nos résultats expérimentaux sont représentés sur les courbes des figures 1, 2, 3. La figure 1 se rapporte aux températures critiques de l'eau

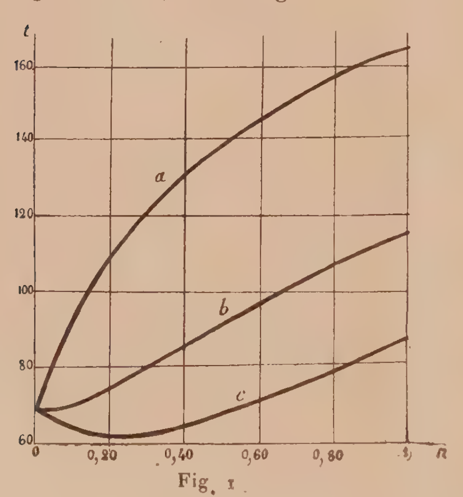


Fig. 1.

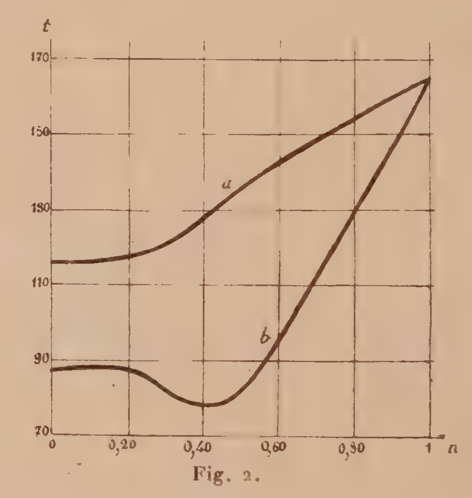


Fig. 2.

avec les mélanges : aniline-phénol (courbe $a$); acide benzoïque-phénol (courbe $b$); acide salicylique-phénol (courbe $c$) [1]. La figure 2 se rap-

---

[1] Pour les températures critiques de dissolution de l'eau avec le phénol, l'aniline, l'acide benzoïque, nous avons retrouvé les valeurs indiquées dans les recueils de con-

porte aux températures critiques de l'eau avec les mélanges : acide benzoïque-aniline (courbe *a*); acide salicylique-aniline (courbe *b*). La figure 3 se rapporte aux températures critiques de l'eau avec les mélanges : acide benzoïque-acide salicylique.

Il semble que la température critique ne varie linéairement en fonction de la composition *n* que si les corps A et B ont des fonctions chimiques voisines, c'est ce qui se produit pour le mélange acide benzoïque-acide salicylique représentés sur la figure 3. C'est également ce que nous avons observé sur les mélanges du phénol avec les divers crésols.

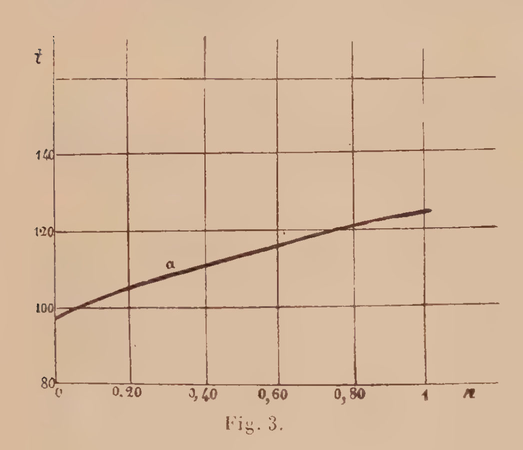


Fig. 3.

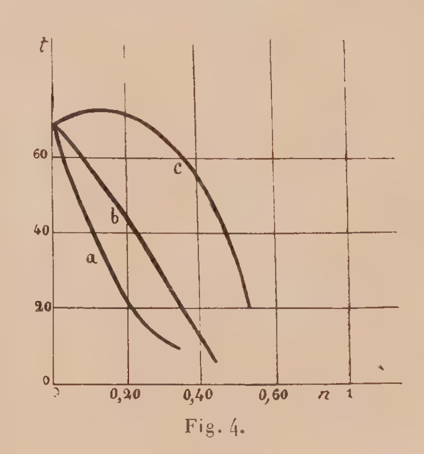


Fig. 4.

3. Nous avons également étudié comment varie la température critique de dissolution du phénol avec un mélange d'eau et de divers alcools, suivant la teneur en alcool de ce mélange. Les courbes de la figure 4 représentent les résultats expérimentaux pour les mélaages : phénol-alcool méthylique et eau (courbe *a*); phénol-alcool éthylique et eau (courbe *b*); phénol-alcool isopropylique et eau (courbe *e*). Les courbes partent toutes de la température critique de dissolution $\theta_1$ du mélange phénol-eau et devaient aboutir aux diverses températures critiques de dissolution $\theta_2$ des mélanges formés par le phénol et les divers alcools. On voit sur les courbes qu'à partir de teneurs suffisantes en alcool la température critique de dissolution s'abaisse au fur et à mesure qu'augmente cette teneur. La température critique de dissolution du phénol avec les divers alcools ne peut être atteinte expérimentalement à cause de la congélation du phénol qui se pro-

stantes; pour l'eau et l'acide salicylique, en opérant avec un acide fondant à 158°, nous avons obtenu une température égale à 86°,2, alors qu'Alexejeff a indiqué 90°,5 sans d'ailleurs préciser la température de fusion de l'échantillon qu'il utilisait.

duit aux basses températures; mais les courbes tracées indiquent que cette température doit être très basse. Il semble que dans tous les cas de miscibilité complète, tel que celui du phénol et des alcools, le domaine où les expériences sont possibles se trouve au-dessus de la température critique de dissolution et qu'on pourrait atteindre cette température si l'on réussissait à maintenir en surfusion jusqu'à des températures suffisamment basses les deux éléments du mélange. Rappelons d'ailleurs que dans le cas des acides salicylique ou benzoïque et de l'eau, les expériences ne sont possibles que si l'on réussit à maintenir les acides en surfusion jusqu'à la température critique de dissolution.

RADIOACTIVITÉ. — *La radiation $\gamma$ pénétrante du mésothorium 2.* Note de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. M. de Broglie.

I. J'ai présenté dans une Note antérieure ([1]) le résultat de mesures du rayonnement $\gamma$ issu d'une source de mésothorium en équilibre avec ses produits actifs. J'utilisais l'effet photo-électrique de ces radiations sur des éléments divers (uranium, plomb, tungstène, etc.) soumis à leur action et sur lesquels elles se trouvaient converties en spectres $\beta$ excités, étudiés par la méthode bien connue de déviation magnétique. Je trouvais, par cette méthode, que le rayonnement pénétrant comprenait principalement trois rayons d'énergies respectives : 580700, 908200, 962700 volts.

Le premier était attribué sans difficulté au thorium B et je suggérais que les deux autres devaient provenir du mésothorium 2, l'examen du spectre naturel du thorium B + C″ ne décelant aucune ligne d'énergie correspondant à la leur.

Une étude du spectre $\beta$ naturel du mésothorium 2, publiée depuis ([2]), vient confirmer entièrement cette dernière attribution, ce spectre présentant au contraire plusieurs lignes pouvant être attribuées à ces deux rayons, si l'on suppose au spectre $\beta$ naturel du mésothorium 2 une origine secondaire due à l'effet photo-électrique des radiations $\gamma$ sur les couches électro-

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1052.

([2]) D. H. Black, *Proc. Roy. Soc* A, vol. 106, 1924, p. 632. Je signale également un important travail sur le spectre de très grande vitesse du mésothorium 2, de MM. D. Yovanovitch et F. d'Espiue (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1910. et t. 179, 1924, p. 1162) fait au laboratoire de M^me^ Curie.

niques des atomes en désintégration. Dans l'hypothèse où le spectre naturel serait un spectre excité de l'élément 89, on calcule ainsi deux rayons γ d'énergie 908 000 et 963 000 volts en excellent accord avec mes résultats [1].

Cette remarque attribue définitivement au mésothorium 2 l'émission de ces deux rayons γ dont ma précédente Note établissait l'existence.

2. Complétant l'étude des spectres photo-électriques dus au mésothorium, j'ai pu obtenir l'excitation de trois rayons β d'énergie plus faible dans un radiateur de plomb.

| R. H. | Énergie (kilovolts). | Niveau d'origine. | Énergie du rayon excitateur. |
|---|---|---|---|
| 1850................ | 244 | K | 333 kilovolts |
| 2175................ | 319 | L | 333 » |
| 2396................ | 370 | K | 459 » |

En attribuant à ces photo-électrons une origine dans les niveaux K et L du plomb, conformément au tableau, il est possible de calculer deux rayons γ, l'un de 333 kilovolts, déjà signalé par de Broglie et Cabrera [2], le second de 459 kilovolts, nouveau.

D'autre part, M. Black (*loc. cit.*), pour expliquer plusieurs lignes du spectre β du mésothorium 2, suppose l'existence de deux rayons γ de 334 et 459 kilovolts. C'est donc bien le mésothorium 2 qui est responsable de ces deux rayons.

3. Étendant mes précédentes conclusions il m'est possible de donner quelques lignes de grande énergie du « spectre γ caractéristique » du mésothorium 2.

| Intensité. | Énergie en kilovolts. | Fréquence en $10^{20}$. | Longueur d'onde en $10^{-11}$ cm. |
|---|---|---|---|
| Très intense............ | 333 | 0,809 | 37,1 |
| Intense................. | 459 | 1,115 | 26,9 |
| Intense................. | 908,2 | 2,209 | 13,6 |
| Assez intense........... | 962,7 | 2,341 | 12,8 |

Enfin, pour le mésothorium 2, aussi bien que pour le Ra B et C, le spectre β naturel apparaît, au moins dans sa plus grande partie, *comme un effet secondaire des radiations γ*.

Tous les rayons du tableau précédent se convertissent dans les couches

---

(1) M. Black trouve en réalité des valeurs numériques légèrement supérieures, cela provient de ce qu'il rapporte ses mesures à celles d'Ellis sur le spectre naturel du radium.

(2) M. de Broglie et Cabrera, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 295.

électroniques de l'atome mésothorium 2 en désintégration (ou dans celles de son produit de désintégration) en flots corpusculaires qui constituent les lignes du spectre β naturel.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de l'acide tétracétylmucique.* Note de MM. **L.-J. Simon** et **A.-J.-A. Guillaumin.**

L'acide tétracétylmucique $CO^2H-(CHOCOCH^3)^4-CO^2H$ est le seul acide acétylé du groupes des glucoses qui soit connu à l'état libre. Sa découverte est due à M. Maquenne [1] qui l'a obtenu en 1888 par l'action de l'anhydride acétique en présence de chlorure de zinc sur l'acide mucique. Skraup [2] en remplaçant le chlorure de zinc par l'acide sulfurique a préparé un corps de même composition. A la lecture de son mémoire on pourrait supposer que les deux corps sont différents : il n'en est rien.

On chauffe au bain-marie durant 24 heures le mélange d'acide mucique (1P) d'anhydride acétique (2P) et d'acide sulfurique (0P,05); on projette ensuite sur glace pilée (10P), on essore et l'on fait *rapidement* cristalliser dans l'eau bouillante. On obtient ainsi 1P,2 d'acide acétylé.

Comme M. Maquenne l'avait déjà indiqué l'acide tétracétylmucique cristallise avec deux molécules d'eau qu'il perd facilement à 100°. Il se présente, hydraté, sous la forme de belles aiguilles dont la température de fusion instantanée est 276°; au tube capillaire il fond plus bas à 258°. Sec il présente à la fusion les mêmes apparences. Il est peu soluble dans l'eau comme on peut s'y attendre de la part d'un dérivé acétylé de ce groupe, cependant notablement plus que l'acide mucique dont l'insolubilité est si caractéristique. De sa solution dans l'eau bouillante on peut le faire cristalliser par refroidissement *à condition d'opérer rapidement.* L'hydrolyse par l'eau chaude n'est donc pas un obstacle décisif à sa recristallisation; elle est cependant très nette et il se forme alors de l'acide acétique et *la lactone mucique* très soluble dans l'eau. Il est remarquable que dans cette action de l'eau il ne se fait aucun dépôt *d'acide mucique* même après une durée prolongée; c'est d'autant plus singulier que la lactone mucique ne se produit que péniblement et toujours incomplètement par l'action de l'eau sur l'acide mucique. Faut-il donc supposer qu'*une* molécule d'acide acétique se détache

---

(1) *Bull. Soc. ch.*, 2e série, t. 48, 1887, p. 720.
(2) *Monatshefte*, t. 14, 1893, p. 488.

d'abord avec formation d'une lactone triacétylée monoacide qui subirait ensuite une désacétylation complète? En tout cas on connaît le monoéther d'une telle lactone triacétylée qu'on obtient en traitant le mucate d'éthyle par le chlorure d'acétyle.

Chauffe-t-on l'acide tétracétylmucique avec un excès connu d'alcali titré et titre-t-on en retour, on vérifie la réaction d'hydrolyse complète :

$$CO^2H - (CHOCOCH^3)^4 - CO^2H + 6KOH$$
$$= 4CH^3CO^2K + CO^2K - (CHOH)^4 - CO^2K + 2H^2O.$$

L'acide tétracétylmucique possède comme l'a déjà noté M. Maquenne la réaction acide. C'est même un acide exceptionnellement fort puisqu'à la manière des acides minéraux il peut être titré alcalimétriquement à l'aide de l'hélianthine. L'acide séché se comporte comme l'acide hydraté.

$$CO^2H - (CHOCOCH^3)^4 - CO^2H + 2KOH = H^2O + CO^2K - (CHOH)^4 - CO^2K.$$

Ceci signifie que le sel de potassium n'est pas décomposé dans ces conditions et, en fait, nous avons pu l'isoler. Sans doute le résultat du titrage et l'isolement corrélatif du sel exigent-ils qu'on ait soigneusement évité de chauffer à un moment quelconque; c'est à cette circonstance qu'il faut attribuer que ce fait ait échappé à l'observation si pénétrante de M. Maquenne.

Le sel ainsi obtenu cristallise avec 8 molécules d'eau et se présente en belles tables transparentes. Par la même technique et avec les mêmes précautions, on peut obtenir les sels bien cristallisés de baryum et d'ammonium. Le sel d'hydroxylamine s'obtient en fines aiguilles en mélangeant les solutions dans l'alcool méthylique de l'acide et de la base. Le sel de potassium ne précipite aucun des sels des métaux usuels, sauf le nitrate mercureux; le sel ainsi obtenu n'est d'ailleurs pas une combinaison définie.

C'est, à notre connaissance, *la première fois qu'on obtient les sels d'un acide acétylé de ce groupe.*

L'acide acétylmucique se dissout dans l'alcool méthylique et, en l'y faisant cristalliser, on l'obtient avec 2 molécules d'alcool méthylique de cristallisation; c'est ce qu'on a déjà observé pour l'alcool méthylique. Si dans la solution méthylique on ajoute quelques gouttes d'acide chlorhydrique, on n'obtient pas l'éther méthylique mais *du mucate diméthylique.*

L'alcool méthylique a déplacé les fonctions alcool secondaire de l'acide mucique, et l'acide acétique se sépare sous forme d'acétate de méthyle.

On peut préparer les éthers en acétylant les éthers muciques correspon-

dants au moyen d'anhydride acétique et de chlorure de zinc. L'éther méthylique de l'acide tétracétylmucique n'avait pas été décrit; il se présente sous forme de prismes hexagonaux fondant à 197°. Liquide il bout vers 250° sous pression très réduite de $1^{mm}$ de mercure. Avec cet éther il est aisé d'obtenir les dérivés azotés — amide, anilide, etc. — de l'acide acétylmucique. Les alcalis le saponifient *complètement* : on recueille mucate et acétate de potassium quantitativement.

*Chlorure acide.* — On l'obtient par l'action du chlorure de thionyle sur l'acide *sec* en solution dans le chlorure d'acétyle. La réaction très lente devient très rapide, même tumultueuse par l'addition d'une trace d'acide sulfurique.

*L'acide sulfurique employé à lubrifier les rodages de l'appareil suffit à déclencher la réaction.* Cette particularité ne paraît pas avoir été observée par Diels et Löflund ([1]), ni par J. Müller ([2]) qui ont préparé ce corps en 1914, les premiers avec le perchlorure de phosphore, l'autre avec le chlorure de thionyle également.

L'eau n'agit pas sur le chlorure à froid *et même, en le maintenant à l'ébullition avec l'eau pendant une demi-heure, on n'observe pas de libération d'acide chlorhydrique;* c'est là une résistance exceptionnelle pour un chlorure d'acide. Il faut dire, contradictoirement, que selon J. Müller « à chaud l'acide tétracétylmucique de point de fusion 243° est régénéré ».

Les alcalis étendus le décomposent complètement en chlorure, acétate et mucate comme en font foi le dosage du chlore et la mesure de l'alcali employé à la neutralisation.

Enfin, par action des alcools bouillants, le chlorure acide fournit les éthers correspondants.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation spontanée, en solution alcaline, des acides 1-méthylurique et 1.3-diméthylurique.* Note de M. **Léon Piaux**, présentée par M. Ch. Moureu.

Au cours de ses recherches sur les acides méthyluriques, Émile Fischer a observé que certaines opérations, effectuées en liqueur alcaline et au contact de l'air, donnaient de mauvais rendements ([1]). Ce savant en a conclu

([1]) *Deutschen ch. Ges.*, t. 47, 1914, p. 2351.
([2]) *Deutschen ch. Ges.*, t. 47, 1915, p. 2654.
([3]) *Berichte d. d. ch. Ges.*, t. 28, 1895, p. 2482.

que les dérivés de l'acide urique sont, comme lui, spontanément oxydables dans ces conditions.

Cependant, à ma connaissance, l'étude précise de l'oxydation spontanée des acides méthyluriques n'a fait l'objet d'aucun travail.

Poursuivant mes recherches sur l'acide urique ([1]), et dans un but de comparaison, j'ai préparé les acides 1-méthylurique et 1.3-diméthylurique

$$\begin{array}{l} CH^3 - N - CO - C - NH \diagdown \\ \quad\;\; | \qquad\qquad\quad \| \qquad\quad\;\; > CO \\ \quad CO - NH = C - NH \diagup \end{array} \qquad \begin{array}{l} CH^3 - N - CO - C - NH \diagdown \\ \quad\;\; | \qquad\qquad\qquad\quad \| \qquad\quad\;\; > CO \\ \quad CO - N(CH^3) - C - NH \diagup \end{array}$$

le premier, d'après Fischer et Clemm ([2]); le second, d'après Biltz et Heyn ([3]).

La comparaison porte sur la vitesse et la limite de l'oxydation, sur les produits obtenus, et s'étend à la catalyse par l'hydrate de manganèse (1 atome Mn, introduit à l'état de lactate, pour 10 molécules d'acide).

Le dispositif employé a été décrit précédemment (*loc. cit.*). Les quantités de substances mises en jeu sont dans chaque expérience :

| | |
|---|---|
| Acide | $0^{mol},06$ |
| KOH | $0^{mol},30$ |
| Eau | $300^{cm^3}$ |

*Oxydation sans catalyseur.* — A 19°, les vitesses sont voisines. En 30 minutes, les volumes absorbés sont entre eux comme 100—91—82,5, l'acide urique s'oxydant plus vite que l'acide monométhylé, et celui-ci plus vite que le dérivé diméthylé.

Les limites sont également voisines : $1^{at},8$ ; $1^{at},8$ ; $1^{at},9$ par molécule d'acide (les trois acides étant placés dans le même ordre).

*Oxydation avec catalyseur.* — Ici apparaît une très grosse différence, que montre la figure ci-après : tandis que l'acide urique et l'acide monométhylé s'oxydent à des vitesses comparables et beaucoup plus grandes que sans catalyseur, celui-ci paraît presque sans action dans le cas de l'acide 1-3 diméthylé.

A 13°, les volumes absorbés en 30 minutes sont entre eux comme 314 : 323 : 87, en représentant par 100 le volume absorbé par l'acide urique sans catalyseur.

D'autre part le volume limite d'oxygène utilisé, défalcation faite de

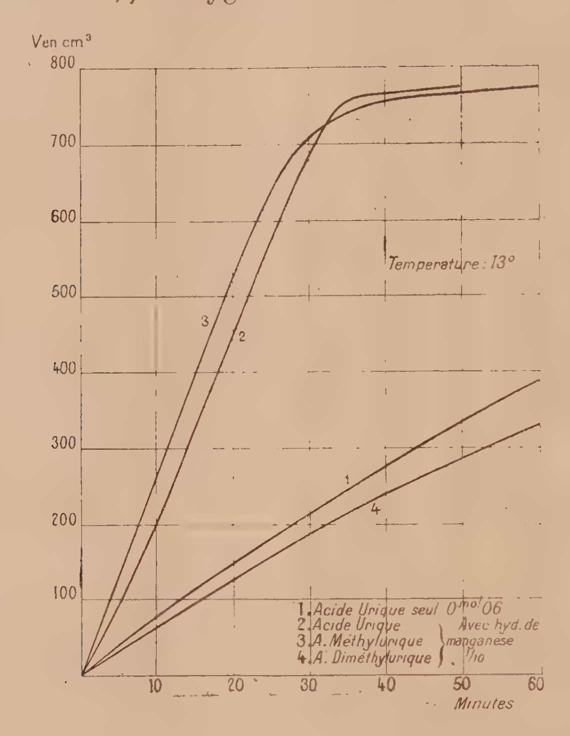
---

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 637 et 782, et t. 179, 1924, p. 901.

([2]) *Berichte d. d. ch. Ges.*, t. 30, 1897, p. 3089.

([3]) *Liebig's Annalen*, t. 423, 1921, p. 190.

l'oxygène nécessaire à l'oxydation de l'hydrate manganeux, est abaissé à $1^{at},05$ pour les acides urique et 1-méthylurique, tandis que l'acide diméthylé consomme $1^{at},7$ d'oxygène.




J'ai tenté d'abaisser la limite dans ce cas en réduisant à 2 molécules au lieu de 5 la quantité de potasse par molécule d'acide. J'ai constaté alors que plus du tiers de l'acide restait inaltéré.

*Produits obtenus : acide 1-méthylurique.* — Sans catalyseur, en traitant la liqueur par l'acide acétique et l'alcool, j'ai obtenu un sel de potassium, en paillettes nacrées, qui a pu être identifié avec le 3-*méthyloxonate de potassium*, préparé d'après Biltz et Robl ([1]) par oxydation permanganique de la 3-méthylallantoïne. La réaction est semblable à celle qui caractérise l'oxydation de l'acide urique :

$$C^6H^6O^3N^4 + 2O + H^2O = CO^2 + NH^3 + C^5H^5O^4N^3.$$

Avec catalyseur, tandis que l'acide urique donne un bon rendement en allantoïne, je n'ai pu isoler ici aucun produit peu soluble. Toutefois, en réduisant à 3 molécules pour une d'acide, la proportion d'alcali (ce qui

([1]) Biltz et Robl, *Berichte d. d. ch. Ges.*, t. 54, 1921, p. 2448.

change à peine le volume d'oxygène consommé), j'ai obtenu de la 3-*méthylallantoïne*, cristallisant avec 1 molécule d'eau, identique à la 3-méthylallantoïne préparée selon Behrend et Zieger (1) par action du sulfate diméthylique et de la potasse sur l'allantoïne.

La réaction d'oxydation est ici :

$$C^6H^6O^3N^4 + O + H^2O = C^5H^8O^3N^4 + CO^2.$$

E. Fischer et Fr. Ach (2) ont obtenu la même 3 ou β-méthylallantoïne en oxydant : 1° l'acide 7-méthylurique par $PbO^2$; 2° l'acide 1-méthylurique par $MnO^4K$, et l'explication de ces résultats a été donnée par Behrend (3).

*Produits obtenus. Acide* 1.3-*diméthylurique.* — Je n'ai pu, avec cet acide, avec ou sans catalyseur, isoler ni diméthylallantoïne, ni diméthyloxonate de potassium. J'ai obtenu seulement de l'oxalurate et de l'oxalate de potassium et de la méthylamine

```
CH³ — N —¦— CO —¦— C — NH
      |              ||      \
      |              ||       CO  →  { 2CO², 2CH³NH²
      |              ||      /       { et NH²CONH.CO.COOH
      CO —¦— N(CH³) —¦— C —¦— NH
```

En oxydant ce même acide par $MnO^4K$, Biltz et Schauder (4) avaient obtenu les mêmes produits et, en outre, de la diméthyloxamide, du cholestrophane et de la méthylamide oxalurique. Ces produits étant tous décomposés par la potasse, je ne pouvais espérer les isoler dans le cas présent.

*En résumé*, tandis que l'oxydation de l'acide 1-méthylurique par l'oxygène se comporte exactement comme celle de l'acide urique à quelques détails près, celle de l'acide 1.3-diméthylurique conduit à une rupture beaucoup plus complète de la molécule.

Ce résultat paraît être dû à la présence de deux groupes $CH^3$ liés à l'azote dans le noyau pyrimidique. On sait déjà que d'autres dérivés bisubstitués dans un même noyau (cholestrophane, diméthylalloxane), sont facilement décomposés par la potasse aqueuse.

---

(1) BEHREND et ZIEGER, *Liebig's Annalen*, t. **410**, 1915, p. 337.
(2) *Berichte d. d. chem. Ges.*, t. **32**, 1899, p. 2745.
(3) *Liebig's Annalen*, t. **333**, 1904, p. 141.
(4) *Journal für pr. Ch.*, t. **106**, 1923, p. 155.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Synthèse de l'alcool méthylique par réduction de l'oxyde de carbone.* Note de M. **Georges Patart**, présentée par M. Vieille.

Si l'on fait circuler, en circuit fermé, sous une pression maintenue de 150 à 250$^{atm}$, sur un catalyseur constitué par de l'oxyde de zinc pur, aggloméré en grains ou déposé sur de l'amiante en floches, à une température comprise entre 400° et 420°, un mélange gazeux contenant environ un volume d'oxyde de carbone pour 1,5 à 2 volumes d'hydrogène, on obtient, par refroidissement à 20°C., d'une région du circuit gazeux, la condensation d'un liquide composé presque uniquement d'eau et d'alcool méthylique.

Voici l'analyse de ce liquide :

Liquide vert contenant un précipité verdâtre.

Densité à 19°C. : 0,896.

On a distillé 100$^{cm^3}$ de liquide clair, préalablement acidulé par de l'acide phosphorique. Le rectificateur employé était un tube de Vigreux de 30$^{cm}$.

Les résultats obtenus ont été les suivants.

| Température. | Volume du liquide distillé. |
|---|---|
| *Première portion :* | |
| 59° | 1 goutte (dégagement de CO) |
| 59°-65° | 1$^{cm^3}$ |
| 65°-69°,5 | 64 |
| 74° | 65 |
| 87° | 66 |
| *Deuxième portion :* | |
| 98° | 67,5 |
| 99° | 71,5 |
| 100°,5 | 96,5 |

On a ensuite fait passer un courant de vapeur d'eau dans le résidu jusqu'à neutralité du liquide distillé.

La première portion du premier distillat est limpide, faiblement acide $\left(\text{acidité : } 1^{cm^3}, 1 \text{ ; de KOH } \frac{N}{10}\right)$. Elle a été rectifiée au moyen du même appareil et a donné :

| Température. | Volume du liquide distillé. |
|---|---|
| 64° | 1 goutte |
| 65,5 | $1^{cm^3}$ |
| 66,2 | 59 |
| 67,2 | 62 |
| 68,5 | 63 |

Le liquide distillé est formé d'alcool méthylique sensiblement pur; son odeur désagréable paraît être due à des traces d'impuretés. Il ne contient ni aldéhyde ni acétone.

La deuxième portion du premier distillat est un liquide aqueux, acide, contenant quelques gouttelettes huileuses (moins de $0^{cm^3},1$). Acidité : $11^{cm^3},7$ KOH $\frac{N}{10}$.

Le liquide provenant de l'entraînement à la vapeur est également acide

$$\left(\text{Acidité : } 22^{cm^3} \text{ KOH } \frac{N}{10}\right).$$

Le résidu obtenu après entraînement des acides par la vapeur a été alcalinisé et distillé. Les vapeurs ont été recueillies dans de l'acide chlorhydrique dilué et la liqueur chlorhydrique a été évaporée à sec.

On a obtenu : bases à l'état de chlorhydrates : $0^g,19$. Ces bases sont en majeure partie formées d'ammoniaque.

Le précipité contient principalement du cuivre, métal qui constitue la tuyauterie de l'appareil au point où le liquide a été recueilli. On y trouve également du fer et du zinc. Le poids du précipité est de l'ordre de $0^g,5$ pour $154^{cm^3}$ de liquide brut.

Cette analyse a été faite par M. Jovinet.

La composition des gaz en circulation à l'origine et après 7 heures et demie de marche avec remplacement de la fraction de gaz entrée en combinaison par un même volume de gaz de la composition initiale, après 3 heures de marche, a été trouvée la suivante :

| Composants. | Au début pour 100. | Après 7 heures et demie de marche pour 100. |
|---|---|---|
| $CO^2$ | 3,0 | 4,8 |
| $O^2$ | 0,2 | 0,0 |
| CO | 33,8 | 40,2 |
| $CH^4$ | - | 5,4 |
| $H^2$ | 58,7 | 41,6 |
| $N^2$ | 4,3 | 8,0 |

Les essais ont été conduits et l'analyse des gaz faite par M. Fleury avec le concours de M. Loriette.

De ce qui précède il semble que l'on peut conclure que la préparation industrielle de l'alcool méthylique synthétique n'offre pas de sérieuses difficultés.

SISMOLOGIE. — *Contribution à l'étude de l'agitation microsismique à Dakar (Sénégal).* Note de M. **Henry Hubert**.

Parmi les causes, certainement multiples, de l'agitation microsismique, on a signalé, à plusieurs reprises, l'influence des variations de la pression atmosphérique. Pour certains pays des observations bien conduites ont d'ailleurs confirmé une telle influence.

Il était intéressant de savoir comment se manifesterait cette agitation à Dakar et de déterminer dans cette localité certaines des causes, au moins les plus importantes, des phénomènes observés. Dakar, en effet, joint à la particularité d'une situation géographique exceptionnelle (point le plus occidental, à quelques kilomètres près, du continent africain) le caractère de faire partie d'une région tropicale où les variations de pression sont très faibles (la différence des extrêmes absolus est de l'ordre de $8^{mm}$ par an).

D'une manière générale, l'agitation microsismique est plutôt forte à Dakar et ses variations d'intensité, toujours fort nettes, sont très notables. Or on peut être assuré que les variations de la pression atmosphérique, dans un rayon d'au moins un millier de kilomètres, sont sans action appréciable sur les phénomènes constatés, parce qu'il n'y a aucune concordance entre les barogrammes et les sismogrammes; du reste, s'il y avait une influence notable, elle serait d'autant mieux mise en évidence que les plus grosses variations barométriques sont celles de la marée journalière, dont les effets seraient certainement enregistrés. Quant à l'influence des variations de pression se produisant à plusieurs milliers de kilomètres, on peut dire qu'elle est suffisamment faible pour être masquée par l'action de facteurs locaux.

Les inscriptions provoquées par des manifestations de l'activité humaine étant éliminées, on a pu constater, à Dakar, depuis l'installation récente des sismographes, que l'activité microsismique se traduisait par des diagrammes, très différents d'aspect, mais pouvant se ramener à quatre types, lesquels correspondent aux quatre types de vents dominants observés dans cette localité.

Par vent d'ouest (mousson) (vitesse 1-4 m-sec), l'agitation microsismique

est minimum, les mouvements du sol sont inférieurs à $1^{\mu}$; ils donnent naissance à deux sortes d'ondes, les plus grandes de 4 secondes de période, les plus petites de 1 seconde environ de période.

Par vent du sud (vitesse jusqu'à 10 m-sec) l'amplitude des mouvements du sol est maximum. On n'observe qu'une sorte d'ondes, toujours de grande amplitude (jusqu'à $10^{\mu}$) et de période d'environ 3,6 secondes.

Par vent d'est (vent de grain, vitesse 18-20 m-sec) on a deux sortes d'ondes, les unes grandes (amplitude $5^{\mu}$, période 3,4 secondes), les autres petites et très aiguës (amplitude $2\text{-}3^{\mu}$, période 1 seconde environ).

Par vent du nord [1] (alizé, vitesse atteignant 10 m-sec) on n'a qu'une seule sorte d'ondes, très longues (période 6 secondes) et très arrondies (amplitude $4^{\mu}$).

Les variations de l'agitation microsismique étant progressives et toujours en retard par rapport au changement du vent, on peut être assuré que l'action de ce dernier n'est pas directe. Par contre, il y a une relation très nette entre les variations de l'état de la mer et celles de l'agitation microsismique.

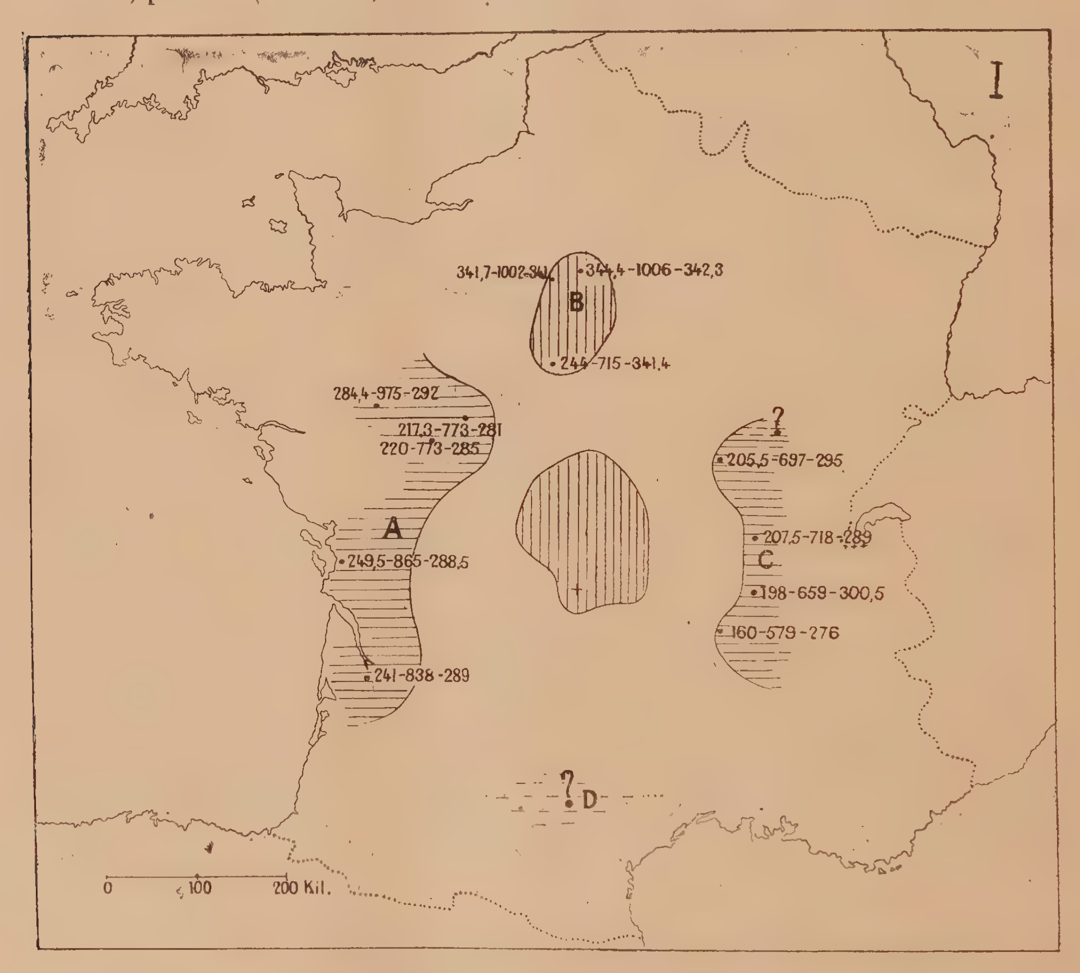
Il apparaît finalement que, pour la plus grande part, l'agitation microsismique à Dakar est due aux chocs de la mer sur la terre en des points voisins de cette localité qui restent à déterminer. Les différents types de chocs, partant d'agitations microsismiques, semblent devoir trouver leur explication dans l'action combinée de la houle, venant du sud, et des vagues, de direction variable en relation avec les différents types de vent. Les chocs de la houle se traduisent sur les sismogrammes par les ondes dont la période est comprise entre 3,4 secondes et 4 secondes; les chocs des vagues par les ondes de petite période (1 seconde environ). Les ondes enregistrées par les sismographes traduisent la combinaison des deux mouvements ondulatoires (houle et vagues); en particulier quand la houle et les vagues sont de même orientation et, soit de même direction (vent du sud), soit de direction contraire (vent du nord), les deux mouvements interfèrent et les petites ondes des sismogrammes ne s'observent plus.

---

(1) Observations localisées au début de la saison sèche.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la propagation des ondes aériennes lors des expériences de La Courtine.* Note (¹) de M. **Ch. Maurain**, présentée par M. Bigourdan.

Un très grand nombre d'observations relatives à la propagation de ces ondes, plusieurs milliers, ont été faites soit à l'oreille, soit à l'aide d'appa-

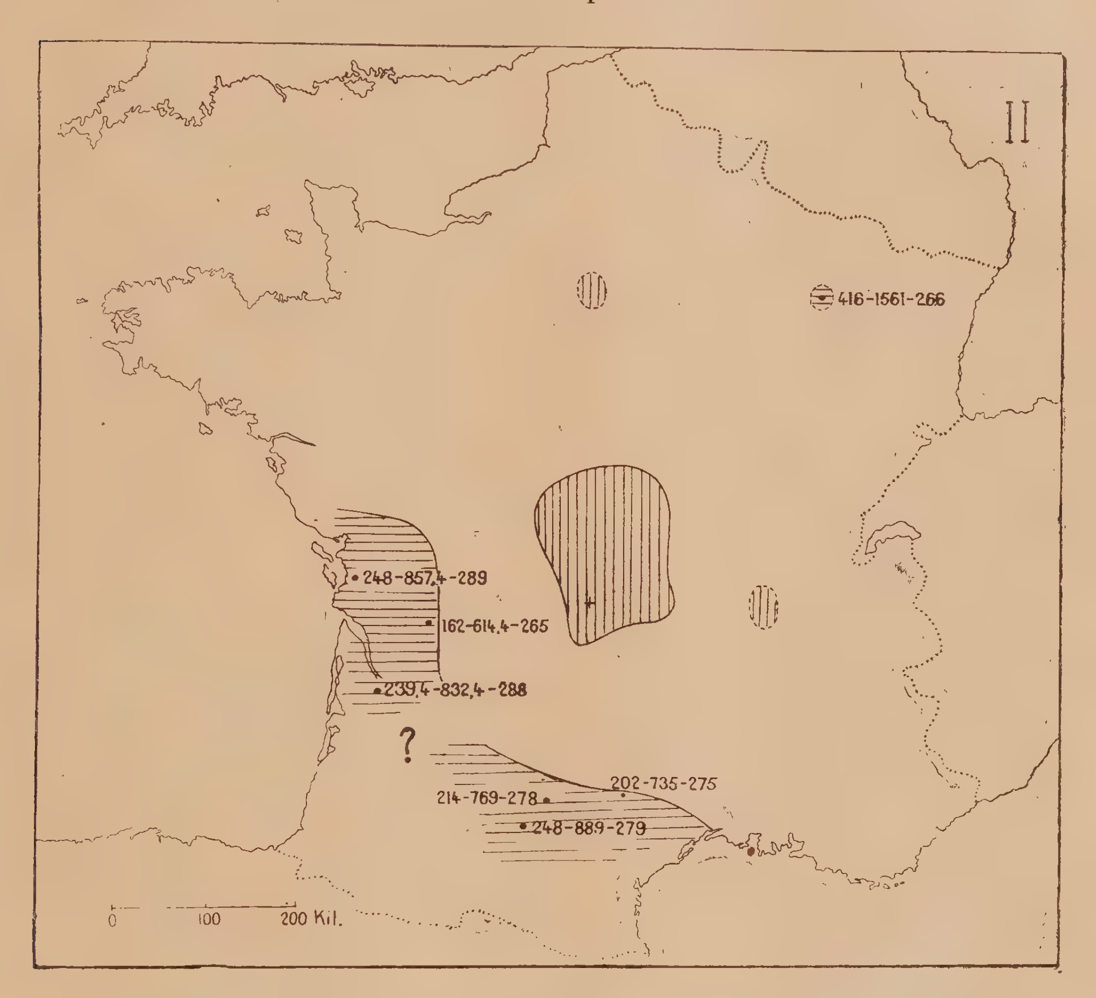



reils dont beaucoup étaient enregistreurs. Ce n'est que dans une publication étendue qu'il sera possible de donner quelque détail sur ces observations.

Les cartes ci-jointes indiquent les zones de réception des ondes aériennes

(¹) Séance du 24 novembre 1924.

provenant des deux premières explosions (15 et 23 mai), jusqu'à quelques centaines de kilomètres; la discussion pour les régions plus éloignées devient fort difficile et n'est pas terminée.




Les régions couvertes de hachures NS ont reçu des ondes pour lesquelles la vitesse apparente de propagation (rapportée au sol) est sensiblement égale à la vitesse du son. Les régions couvertes de hachures EO ont reçu des ondes pour lesquelles la vitesse de propagation apparente est notablement inférieure à la vitesse du son; on peut les appeler zones de réception anormale. On a marqué quelques points avec : leur distance (en km), la durée de propagation (en sec.) et la vitesse de propagation apparente.

A chacune de ces cartes doit correspondre un commentaire qui sera donné ailleurs. En voici un résumé.

I. La zone de réception normale autour de l'origine est très dissymétrique. Vers l'Ouest et l'Est sont deux zones de réception anormale A et C séparées de la précédente par des zones de non-réception très nettes; le bord intérieur des zones de réception lointaine est à une distance peu variable de l'origine, de l'ordre de $180^{km}$; le retard relatif des ondes paraît généralement décroître à partir de ce bord; ces zones sont définies par de très nombreuses observations. La zone de réception normale B, vers le Nord, est définie de manière bien différente : l'audition a été nulle dans cette région, et les ondes ont été décelées seulement par trois stations munies d'appareils enregistreurs, Orléans (T. M.) (¹), Val-Joyeux (S.-et-O.) (T. M.) (¹) et Paris (M. Dufour), dont les indications concordent à manifester une onde de vitesse normale. Vers le Sud, après la zone centrale, il y a une large zone sans réception; dans la région plus lointaine D, quelques auditions dont la discussion ne me paraît pas entraîner la certitude d'une réception d'onde provenant de l'explosion; s'il y a eu réception en D, ce serait avec retard.

II. Zone centrale de réception normale encore très dissymétrique. Dans les secteurs O et S, après une zone de non-réception, zones de réception anormale avec retards du même ordre que ceux constatés lors de la première explosion; il y a raccord probable mais non certain entre ces deux zones. Pour les autres directions, il y a des observations positives isolées, mais en aucun endroit elles ne se présentent en groupements nombreux et concordant. A Meudon, MM. Perot et Baldet ont obtenu un enregistrement, doublé par une observation de flamme sensible de M. Burson; ces indications correspondent à une propagation sans retard. Il y a peut-être eu réception avec retard dans la région de Commercy et réception sans retard dans la région de Lyon.

En résumé, dans ces deux expériences il a été constaté nettement, après la zone centrale de réception, des zones sans réception et des zones de réception lointaine dont les plus étendues correspondent à un retard notable de la propagation par rapport à une propagation normale au voisinage du sol. Il en est de même pour la troisième. Je reviendrai sur l'interprétation de ces résultats; les zones de réception anormale paraissent

---

(¹) Stations établies par le Service géographique de l'Armée.

correspondre à une propagation des ondes s'élevant dans l'atmosphère et dont l'incurvation avec retour vers le sol dépend de la répartition du vent et de la température.

MÉTÉOROLOGIE. — *L'Œuvre météorologique du* Jacques-Cartier. Note de M. E. **Delcambre**, présentée par M. G. Ferrié.

La Compagnie générale transatlantique et l'Office national météorologique, en collaboration, ont organisé et développé constamment depuis 1921 un service météorologique spécial à bord du *Jacques-Cartier*, navire-école à trafic transatlantique régulier. Cette Note a pour objet de résumer brièvement les principaux résultats déjà obtenus.

1° *Extension du « réseau » des observations synoptiques rassemblées par T. S. F. pour les besoins de la prévision à terre.* — La réception ininterrompue sur un continent des quatre observations internationales quotidiennes d'un navire pendant toute la traversée de l'Atlantique a été réalisée pour la première fois en janvier 1923 grâce au *Jacques-Cartier* (Le Havre-New-Orléans). Dans l'Atlantique Est, la transmission à Brest est directe; dans l'Atlantique Ouest (ou le Pacifique), elle comporte un relais à Washington.

Ce qui est plus important encore, le *Jacques-Cartier* constitue la première station flottante de *concentration* et de *retransmission* à terre des observations des *autres* navires. Cette organisation est extrêmement utile : 1° parce que les navires ne sont généralement munis que de postes de T. S. F. à faible portée ne permettant d'atteindre le continent qu'au voisinage des côtes ; 2° parce que les nécessités du trafic commercial sont souvent incompatibles avec les difficultés et les pertes de temps inhérentes à l'établissement d'une liaison avec la terre. L'activité du *Jacques-Cartier* dans cette voie n'a cessé de croître; pendant le voyage de retour de mars-avril 1924 (Vancouver-Bordeaux), il a obtenu 61 observations de navires français et 338 de navires étrangers de toutes nationalités (dont certains lui servaient bénévolement de relais pour recueillir les observations de bateaux plus éloignés), soit, dans l'Atlantique, une moyenne de 30 par jour.

Ce « réseau » océanique, d'une *étendue et d'une densité inconnues aupara-*

*vant*, parvient à Paris en même temps que l'observation propre du *Jacques-Cartier* et la France en assure la diffusion dans toute l'Europe en l'introduisant dans une émission météorologique de la Tour Eiffel.

Un nouveau progrès a été réalisé tout récemment (novembre 1924) par l'emploi des ondes très courtes (115$^{m}$). Les messages météorologiques du *Jacques-Cartier* ont été reçus à Paris directement pendant la traversée entière de l'Atlantique (Bordeaux-Panama) et actuellement encore, à certaines heures, le navire se trouvant dans le Pacifique.

2° *Fonctionnement d'une station flottante de prévision du temps sur l'Océan.* — En plus des observations de navires qu'il recueille, le *Jacques-Cartier* dispose des radiogrammes météorologiques européens et américains écoutés à bord [1]. Des cartes, parfois plus précises sur l'Océan que sur le Continent, peuvent ainsi être construites régulièrement deux fois par jour sur le *Jacques-Cartier*, ce qui permet d'élaborer *sur place* (avantage technique important) des prévisions du temps, diffusées par T. S. F. pour les grandes routes transatlantiques. Les navires faisant route vers l'Ouest sont soumis à des changements de temps fréquents et rapides et la prévision a pour eux un intérêt spécial. Quant aux paquebots rapides faisant route vers l'Est ils ne sont dépassés que par une perturbation au plus, même en hiver; il est donc possible parfois de leur indiquer, dès le départ, les grandes lignes de l'évolution du temps pour toute la traversée. Le service de prévision du *Jacques-Cartier* est devenu de plus en plus populaire sur l'Océan : par mauvais temps il n'est pas rare que tous les navires voisins fassent silence pour écouter son émission et souvent des prévisions particulières lui sont réclamées.

C'est la valeur de ces prévisions, établies suivant les méthodes modernes instaurées en France et en Norvège, qui assure le recrutement du « réseau » du *Jacques-Cartier*, ses « clients » pour la prévision du temps devenant ses « fournisseurs » d'observations [2].

Les études de prévision à bord du *Jacques-Cartier* ont fait progresser nos connaissances en météorologie dynamique. De ces travaux qui seront exposés en temps voulu par leurs auteurs, MM. Coyecque et Wehrlé, on peut dès à présent dégager deux conclusions générales essentielles : 1° La

---

(1) L'émission par la Tour Eiffel de renseignements météorologiques sur ondes très courtes a permis, en novembre 1924, de communiquer directement au *Jacques-Cartier* la situation sur l'ancien Continent pendant toute la traversée de l'Atlantique.

(2) Il faut mentionner aussi le concours sans réserves du Weather Bureau des États-Unis qui dispose de la propagande très efficace des Pilot Charts.

conception de l' « écran » atlantique est surannée; le déroulement des perturbations à travers l'Atlantique est continu. 2° L'action du front polaire se fait sentir parfois jusqu'au voisinage de l'équateur; la permanence des alizés n'est qu'une première approximation.

Le succès de l'expérience du *Jacques-Cartier* a prouvé la possibilité et l'utilité d'un service de concentration et de prévision sur l'Atlantique. Dès 1923 le Comité Météorologique international lui apportait son appui et une consécration officielle. Il convient maintenant d'organiser définitivement ce service par coopération internationale.

BOTANIQUE. — *Cultures pures des Champignons de Lichens.* Note [1] de MM. **Ch. Kilian** et **R.-G. Werner**, transmise par M. Ch. Flahault.

On sait que la nature double des Lichens a été vivement contestée jadis par la plupart des Lichénologues. Parmi les auteurs, peu nombreux, qui ont essayé de la vérifier expérimentalement, il convient de citer en première ligne Bonnier [2], qui, en réalisant la synthèse des Lichens, se flatte d'avoir tranché définitivement le problème. Cependant M. Chodat [3], doutant de la pureté des cultures de Bonnier, reprend la question; moins affirmatif que son prédécesseur, il conclut [4] que les ascospores, contrairement aux gonidies, ne germent pas isolément, ou, lorsqu'elles germent, dégénèrent rapidement. En présence de ces affirmations contradictoires, que penser des résultats annoncés par Moeller [5], sans parler des recherches moins complètes de Warèn [6] et de Tobler [7] qui a cultivé jusqu'à l'état plectenchymateux les Champignons de nombreux Lichens incrustants? Il est d'autre part difficile de contrôler les descriptions de Moeller dépourvues de figures à l'appui. Cette lacune est plus sensible encore, lorsqu'il s'agit des cultures de Lichens foliacés qu'il ne fait que mentionner.

---

(1) Séance du 24 novembre 1924.

(2) G. Bonnier, *Ann. Sc. nat. Bot.*, t. 9, 1889, p. 1.

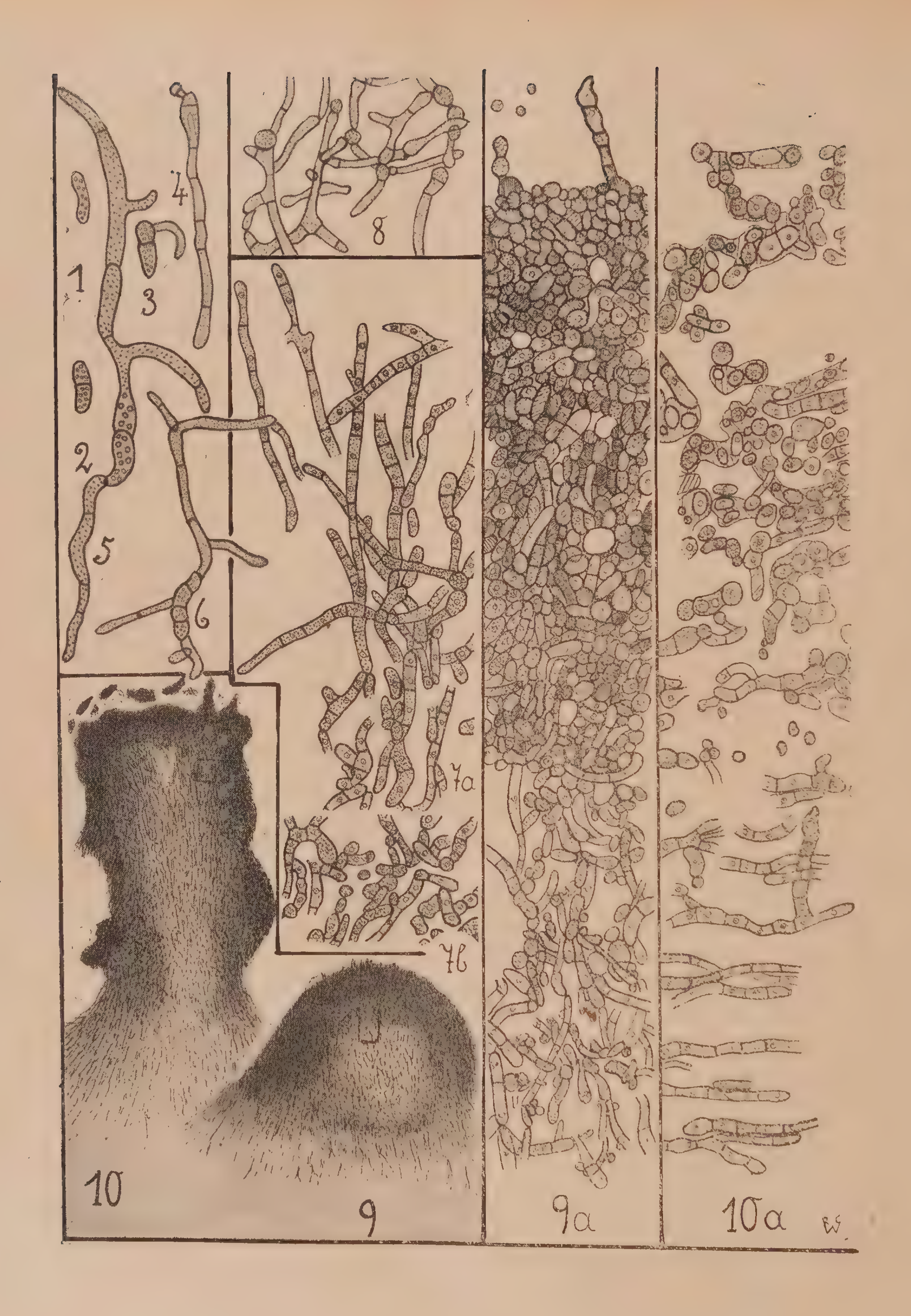
(3) R. Chodat, *Monogr. d'Algues en culture pure*, 1913, p. 110.

(4) R. Chodat, *Biologie des plantes*, 1922, p. 72, 73.

(5) Moeller, *Ueber Kulturflechtenbild. Ascom. ohne Algen*, 1887.

(6) H. Warèn, *Finska Vet. Soc. Foerh.*, (4), t. **62**, 1920, p. 20.

(7) Tobler, *Jrb. f. wiss. Bot.*, t. **49**, 1911, p. 389; *Ber. d. deutsch. bot. Ges.*, t. **29**, 1911, p. 3.


1
2
3
4
5
6
8
7a
7b
10
9
9a
10a

Une reprise de cette étude s'imposait donc. Nous l'avons tentée en cultivant en première ligne le *Cladonia squammosa* qui se développe relativement vite. Ses ascospores *unicellulaires* (*fig.* 1, gr. 400), projetées sur le milieu synthétique indiqué par Warèn, ont été isolées par repiquage successif, et observées individuellement; un à deux jours après la mise en culture, elles se cloisonnent transversalement (*fig.* 2, gr. 400), puis émettent un ou deux tubes germinatifs qui s'orientent dans une direction quelconque (*fig.* 3 et 4, gr. 400) et peuvent se ramifier dès le début. A ce moment, après un développement de six jours, le mycélium mesure 50 à $80^{\mu}$ de longueur (*fig.* 5, gr. 400); exceptionnellement les spores elles-mêmes peuvent se cloisonner plusieurs fois (*fig.* 6, gr. 400); elles ne sont plus alors reconnaissables comme telles, dès la seconde semaine. Croissance et ramification se poursuivent activement en tous sens; il en résulte de petites colonies floconneuses, à peine visibles à l'œil nu. Une pareille colonie, de six semaines, coupée tangentiellement laisse apercevoir à sa périphérie (*fig.* 7 *a*, gr. 400) des filaments disposés radialement, semblables à ceux des stades plus jeunes, et au centre un début de plectenchyme lâche (*fig.* 7 *b*). On identifie le Champignon par ses membranes relativement épaisses et ses renflements gorgés de protoplasme, près des cloisons transversales (*fig.* 8, gr. 400). A l'âge de deux mois la jeune colonie mesure $0^{mm},5$ environ. Un mois plus tard la culture devenue plus massive a la forme d'un petit dôme de $1^{mm}$, émergeant du substratum auquel il est attaché par des faisceaux d'hyphes rayonnantes. Une coupe transversale de ce stade (*fig.* 9, gr. 45) montre l'ébauche d'une moelle nettement distincte de l'écorce. Cette moelle, vue à un grossissement de 400 (*fig.* 9 *a*, section de la figure 9 encadrée par un trait) est formée d'un plectenchyme très lacuneux, contrastant avec le plectenchyme cortical très serré. Ces deux tissus passent insensiblement l'un dans l'autre à un endroit où se trouverait la couche gonidiale du futur Lichen. La surface du dôme est garnie de conidiophores produisant des conidies globuleuses. C'est à leur présence que nous attribuons l'apparition, après coup, des jeunes colonies entourant l'ancienne.

Notre dernier stade, de 5 mois, mesurant $5:3^{mm}$ se présente sous forme d'un petit cylindre (*fig.* 10, gr. 30). Sa partie apicale est restée identique au dôme du stade précédent; considérablement élargie, elle a été soulevée passivement par l'allongement intercalaire de la partie basale. Les trois tissus ébauchés précédemment sont nettement différenciés. La figure de détail représentant, au grossissement de 400, un fragment transversal du

cylindre limité par un trait, montre la moelle très allongée, formée de filaments longitudinaux lâchement enchevêtrés, à protoplasme vacuolisé et granuleux, puis l'écorce, devenue lacuneuse, renfermant à côté des hyphes vivantes de nombreux éléments morts.

Nos études se sont étendues dans la suite au *Cladonia coccifera*, puis à des représentants des *Physciacées*, *Parmeliacées*, *Ramalinacées*, *Usnéacées*, *Stictacées*, *Peltigéracées* et *Gyrophoracées*. Parmi ces premières le *Xanthoria parietina* nous a fourni des colonies qui, par leur forme et leur coloration jaune, ressemblent le plus au thalle des Lichens correspondants. L'incorporation des Algues dans cette colonie nous démontrera nettement l'action réciproque des symbiotes.

CHIMIE AGRICOLE. — *Les matières azotées des issues de blé. Étude comparative de leur valeur biologique comme facteurs d'entretien, de croissance et de fécondité.* Note de Mme **L. Randoin**, M. **J. Alquier**, Mlles **Asselin** et **Charles**, présentée par M. E. Leclainche.

Quelle est l'influence de la réglementation actuelle de la mouture des céréales sur la valeur nutritive des sous-produits de l'industrie meunière destinés au bétail? — Nous avons d'abord recherché la valeur des protéiques apportés par les types courants d'issues de blé du commerce : *gros sons*, *recoupettes*, *remoulages* et *bâtards*, dont l'analyse chimique a donné les résultats suivants (pour 100g de matière sèche) :

| | Matières azotées. | Matières grasses. | Amidon. | Pentosanes. | Cellulose pure. | Cendres. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gros sons.... | 15,2 | 3,3 | 13,2 | 30,0 | 5,0 | 6,8 |
| Recoupettes.. | 16,2 | 3,1 | 14,0 | 28,4 | 4,8 | 5,8 |
| Bâtards..... | 14,1 | 3,0 | 23,0 | 24,3 | 3,2 | 4,9 |
| Remoulages.. | 15,5 | 2,9 | 32,0 | 13,6 | 2,5 | 4,3 |

Leur teneur en matière azotée est donc sensiblement la même : environ 15 pour 100, dont $\frac{2}{3}$ digestibles (détermination directe sur le Rat). Les quatre produits ont, à la bombe, une valeur calorifique égale (4cal,5 par gramme).

Mais ces substances azotées peuvent-elles assurer *au même degré* l'entretien, la croissance ou la reproduction? *L'analyse biologique*, avec le Cobaye et le Rat comme réactifs, nous a donné la possibilité de répondre à cette question.

Les issues consommées seules constituent des rations fortement *déséquilibrées*

(dépourvues de facteur C, très pauvres en Cl et Na, rapport $\frac{P}{Ca}$ défectueux, etc.). Nos essais préalables d'*alimentation exclusive*, qui le prouvent nettement, ont cependant permis de classer les issues d'après les nombres de jours de survie enregistrés :

| | Gros sons. | Recoupettes. | Bâtards. | Remoulages. |
|---|---|---|---|---|
| Cobaye adulte........ | 8 jours | 15 jours | 18 jours | 20 jours |
| Rat jeune............ | 27 » | 39 » | 102 » | 158 » |

*Étude de la valeur comparée des issues de blé, comme source unique d'azote, dans un régime complété et énergétiquement suffisant* : A. *Sur le Cobaye.* — Pour compléter ces aliments, nous avons, — guidés par l'analyse chimique, — ajouté à 100$^g$ de chacun d'eux : des proportions variables d'*amidon* (10-30$^g$), de *lactate de chaux* (3-5$^g$) et de *cellulose* (sauf pour les gros sons); 8$^g$ de *graisse de beurre* (facteur A) et 2$^{cm^3}$ par jour de *jus de citron* (facteur C). La qualité de la matière azotée différant seule, ou à peu près, dans les quatre rations ainsi constituées, il devenait possible de comparer sa valeur biologique, suivant sa provenance, comme facteur de croissance chez le jeune ou facteur d'équilibre chez l'adulte.

Les variations de poids des Cobayes dépendent de la *nature* de l'issue ingérée et de l'*âge* de l'animal (*graphique supérieur*).

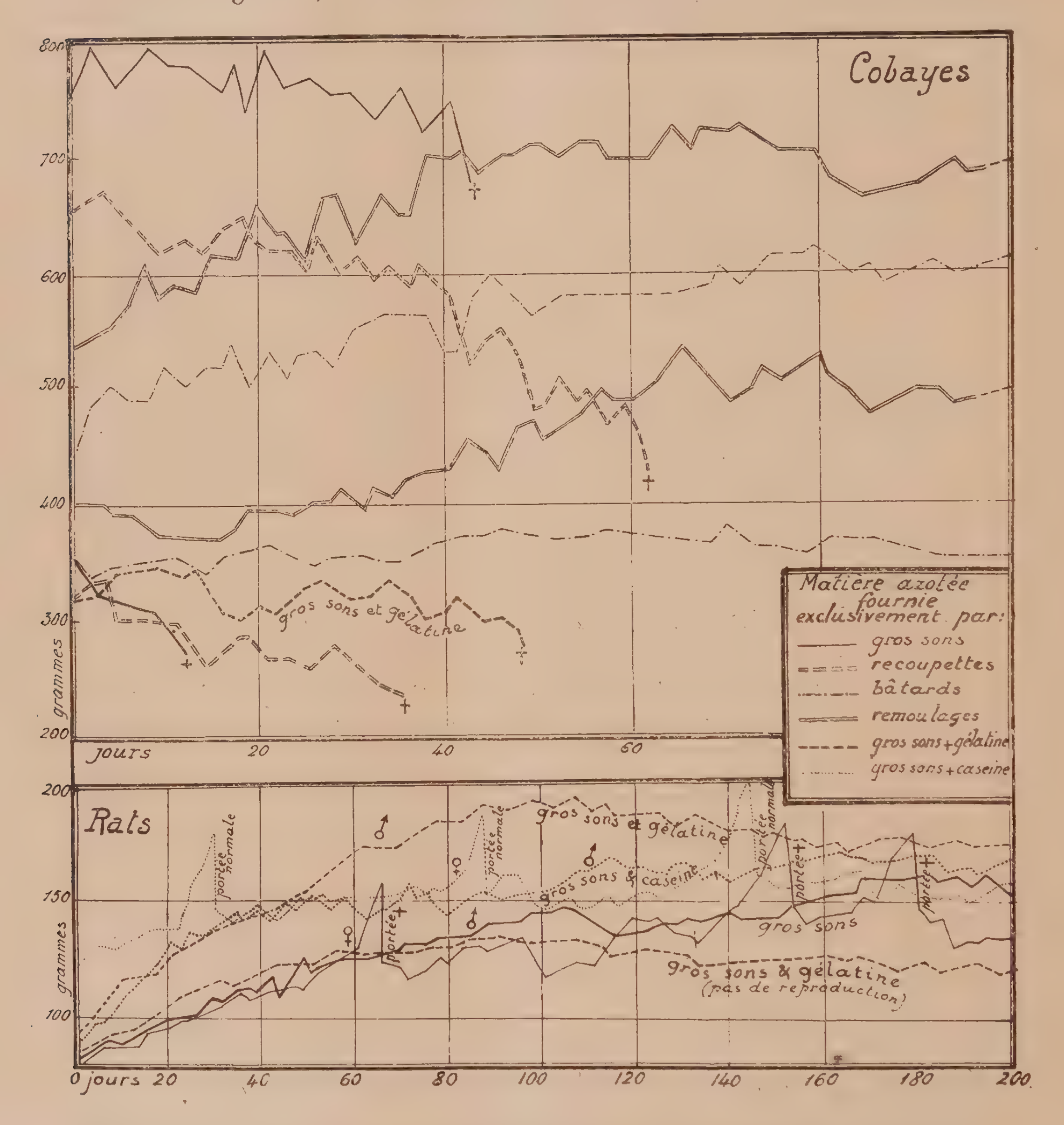
Par ordre de *valeur croissante*, le classement des issues est le suivant :
*Gros sons :* ni entretien, ni croissance; survie courte.
*Recoupettes :* ni entretien, ni croissance; mais survie plus longue.
*Bâtards :* entretien; croissance très inférieure à la normale.
*Remoulages :* entretien et croissance plus voisine de la normale.

B. *Sur le Rat.* — Nous avons suivi l'entretien, la croissance et la reproduction sur des Rats recevant des *gros sons* additionnés de *saccharose*, de *beurre*, de $NaCl$ et de $CaCl^2$.

Ces issues, ainsi complétées, assurent le cycle normal de la vie avec une reproduction régulière; toutefois, les petits, bien qu'allaités normalement, ne vivent que 2 ou 3 jours (*graphique inférieur*).

*Effet de l'addition de gélatine ou de caséine à la matière azotée des gros sons complétés.* — La lysine, acide aminé indispensable à la croissance, ne se trouvant qu'en faible quantité dans les sons, nous avons additionné ces derniers de *gélatine* (6 pour 100 de lysine). On prolonge ainsi la survie du jeune Cobaye et l'on active notablement la croissance du Rat, mais seulement à son début. Par contre, l'ingestion de gélatine coïncide avec une stérilité prolongée des femelles (*graphique inférieur*).

Avec un complément de *caséine*, au lieu de gélatine, on obtient la même croissance régulière, mais la fécondation, la gestation et l'élevage des




petits par les mères s'effectuent normalement; nos recherches ont été poursuivies jusqu'à la troisième génération.

*Conclusions.* — I. Les issues de blé, envisagées comme source unique

d'azote, n'ont pas toutes la même valeur biologique dans une ration normale. Les gros sons et les recoupettes sont très inférieurs aux bâtards et surtout aux remoulages.

II. Si, par addition d'aliments ternaires, minéraux, etc., aux *gros sons*, on n'arrive pas à entretenir la vie chez le Cobaye, on assure, chez le Rat, l'entretien, la croissance et la fécondité, mais sans survie des jeunes.

III. L'addition de *gélatine* à la matière azotée des gros sons ainsi complétés prolonge la survie chez le Cobaye, mais coïncide chez le Rat avec un arrêt de la reproduction. Ce dernier fait semble prouver que le cycle régulier de la vie exige un certain équilibre entre les acides aminés, équilibre que nos recherches laissent supposer devoir être moins strict pour l'entretien et la croissance que pour la reproduction.

IV. La *caséine* remplaçant la gélatine, on n'obtient pas le même arrêt de la reproduction et les portées sont normales. La caséine renfermerait donc un facteur (acide aminé ou autre) nécessaire à la fécondation et à l'évolution normale des embryons et des jeunes, facteur manquant dans les gros sons et la gélatine ou ne s'y trouvant pas en proportion convenable.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE — *De l'action des solutions de sulfate de cuivre sur le Mildiou.* Note de M. et M^me G. **Villedieu**, présentée par M. P. Viala.

Millardet avait signalé en 1886 l'action toxique de très faibles solutions de cuivre pour les conidies et les zoospores du mildiou de la vigne (*Plasmopara viticola*); il avait fixé à deux ou trois dix-millionièmes de cuivre, c'est-à-dire à environ un millionième en sulfate de cuivre, la teneur des solutions mortelles pour le mildiou. Ravaz a ramené à $\frac{1}{300000}$ le titre toxique des solutions de sulfate de cuivre.

Il nous a paru intéressant de rechercher sous quel état pouvait exister le sulfate de cuivre dans l'eau distillée ou dans l'eau de pluie [1] dont on se servait pour faire ces solutions, si vraiment il y était bien dissous.

Nous avons remarqué en effet que, filtrées soigneusement sur filtres serrés ou sur filtres doubles, des solutions au $\frac{1}{10000}$ ou au $\frac{1}{20000}$ de sulfate de cuivre abandonnaient au passage une partie de leur cuivre sur le filtre; certains auteurs ont vu dans ce fait un phénomène d'absorption, par la cellulose du filtre, de traces de cuivre de la solution.

---

[1] Ravaz et G. Verge, *Sur les germinations des spores du Mildiou de la vigne* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1422).

Le sulfate de cuivre est hydrolysé par l'eau très profondément et la solution est nettement acide; cette hydrolyse, que Friedel a obtenue complète [avec formation de $SO^4Cu,3Cu(OH)^2$ insoluble] dans les solutions concentrées à 250° en tube scellé, se produit également complètement, à froid, dans les solutions très étendues.

Nous avons vérifié qu'au bout de quelques heures une solution au $\frac{1}{1000000}$ de sulfate de cuivre préparée à l'aide d'une eau distillée sur de l'acide phosphorique pour éviter la présence des traces d'ammoniaque, donnait, après filtrations répétées sur un filtre double, une solution où l'on ne pouvait plus déceler de cuivre.

Le cuivre resté sur le filtre pouvait être facilement redissous par addition d'acide acétique et, après filtration de cette solution acide, caractérisé par le ferrocyanure de potassium.

L'eau distillée des laboratoires et surtout l'eau de pluie employée par les auteurs ci-dessus cités, renferment toujours des traces d'ammoniaque et l'on a vérifié que des traces d'ammoniaque égales au $\frac{1}{5}$ ou au $\frac{1}{10}$ du poids de sulfate de cuivre mis en solution suffisaient dans des solutions beaucoup plus concentrées à provoquer l'insolubilisation du cuivre par suite de la formation de sulfates basiques.

Une solution à $\frac{1}{20000}$ de sulfate de cuivre est entièrement précipitée par la présence dans l'eau de $\frac{1}{100000}$ d'ammoniaque; une solution à $\frac{1}{10000}$ de sulfate de cuivre l'est également par la présence dans l'eau de $\frac{1}{50000}$ d'ammoniaque ou par la présence de $\frac{1}{40000}$ de soude.

Le floculat, peu apparent au début, se voit nettement après un repos de plusieurs heures; il se dépose au fond du flacon et se remet en suspension par la moindre agitation; la solution filtrée avec soin, additionnée de 1 goutte d'acide acétique et de 2 ou 3 gouttes de ferrocyanure de potassium à 1 pour 100, ne décèle plus la moindre trace de cuivre.

Or il est extrêmement difficile de conserver dans les laboratoires de l'eau distillée exempte de traces d'ammoniaque de l'ordre du dix millionième; l'eau de pluie utilisée pour étudier l'action toxique des sels de cuivre en renferme près d'un millionième.

Ces traces d'ammoniaque concourent à hâter et à assurer la précipitation par hydrolyse du sulfate de cuivre dans les solutions à $\frac{1}{1000000}$ ou à $\frac{1}{300000}$ dont on s'est servi pour étudier l'action du sulfate de cuivre sur le mildiou; c'est la seule raison qui explique que ces solutions filtrées laissent leur cuivre sur le filtre.

En réalité Millardet, dans ses expériences, a opéré avec de l'eau ne con-

tenant que des précipités, très fins mais parfaitement floculés, de sulfates basiques de cuivre et non pas avec des solutions de sulfate de cuivre comme il le disait.

La solubilisation du cuivre, envisagée par Millardet comme fondamentale pour l'explication de l'action des bouillies sur les zoospores du mildiou, n'est d'ailleurs nullement nécessaire. Nous l'avons vérifié directement sur les pseudo-solutions de sulfate de cuivre de la façon suivante :

On prépare 200$^{cm^3}$ d'une solution au $\frac{1}{10000}$ de sulfate de cuivre. 100$^{cm^3}$ de cette solution sont additionnés de 2$^{mg}$ d'ammoniac (constituant une solution au $\frac{1}{50000}$ de ce gaz); on agite, on laisse en contact.

Au bout d'un certain temps, on agite à nouveau et l'on filtre soigneusement et à plusieurs reprises, sur un filtre serré, la moitié de cette dernière liqueur.

Sur une partie du liquide filtré, on vérifie l'absence de toute trace de cuivre; celui-ci d'ailleurs est rejeté sur le filtre très visible. On se trouve alors en présence :

1° D'une solution à $\frac{1}{10000}$ de sulfate de cuivre;

2° D'un liquide trouble contenant du cuivre précipité;

3° D'un liquide limpide ne renfermant plus traces appréciables de cuivre;

4° D'un faible précipité cuprique sur le filtre.

On utilise alors des conidies de *Phythophthora infestans* (mildiou de la pomme de terre) cultivé sur des tranches de pomme de terre crue pour ensemencer :

1° Une goutte de la solution au $\frac{1}{10000}$ de sulfate de cuivre;

2° Une goutte de la liqueur trouble contenant le cuivre précipité;

3° Une goutte de liquide filtré sans cuivre;

4° Une goutte d'eau dans laquelle on dilue une trace du précipité prélevé sur le filtre avec un fil de platine.

On observe au microscope les faits suivants :

Sur la solution de sulfate de cuivre, dans la liqueur contenant le sel de cuivre précipité, dans la goutte d'eau contenant une trace du précipité prélévé sur le filtre, il ne se produit ni éclosion, ni germination.

Dans le liquide filtré au contraire, les conidies s'ouvrent, les zoospores naissent, s'agitent, se fixent et germent normalement.

Ce n'est donc pas au cuivre dissous, qu'il faut attribuer uniquement l'action toxique de ces solutions, puisque les sels précités ont une action égale à la solution.

Ces faits se répètent avec des résultats identiques en utilisant une solution contenant $\frac{1}{10000}$ de sulfate de cuivre et $\frac{1}{40000}$ de soude.

Il résulte de ce travail :

1° Que les liqueurs extrêmement diluées de sulfate de cuivre, utilisées jadis par Millardet pour étudier l'action toxique de ce sel sur le mildiou, n'étaient en réalité que des suspensions de sulfates basiques de cuivre précipités;

2° Que, sous cette forme d'ailleurs, les précipités de sulfates basiques de

cuivre sont toxiques pourvu qu'ils soient répartis par agitation dans le liquide où ils agissent tout simplement par contact, comme les autres oxydes basiques, ainsi que nous l'avons déjà signalé (1) dans une Note antérieure où nous avons étudié l'action des oxydes insolubles sur le mildiou de la pomme de terre.

EMBRYOGÉNIE. — *Les glandes génitales et les cellules sexuelles primordiales chez l'Annélide* Salmacina Dysteri (*Huxley*). *La genèse des ébauches génitales par des gonocytes extracœlomiques.* Note de M. A. **Malaquin**, présentée par M. Henneguy.

L'origine des gonades et des cellules sexuelles primordiales est étudiée ici chez un petit Serpulide *Salmacina Dysteri*, qui est hermaphrodite. Le problème dont il s'agit intéresse l'ensemble des Annélides, et il y a tout lieu de penser qu'il y est posé de la même manière que chez les Vertébrés. Malgré l'intervalle immense qui sépare ces deux groupes, certaines parties de leur constitution fondamentale leur sont communes, de sorte que la genèse de l'ébauche génitale par l'épithélium cœlomique ou par des éléments extracœlomiques s'y présente avec les mêmes aspects essentiels.

Selon l'opinion admise jusqu'ici par la presque unanimité des auteurs (Hatschek, Meyer, Eisig, Goodrich, Lang, etc.), l'ébauche sexuelle des Annélides dérive directement de l'épithélium cœlomique (endothélium péritonéal, cœlothèle), de même que dans la conception de l'épithélium germinatif de Waldeyer chez les Vertébrés; cette opinion a été une des bases de la théorie gonocœlienne de Lang. D'autre part, si les études sur l'ontogenèse des Annélides ont permis de préciser rigoureusement les lignées cellulaires somatiques (Wilson, Eisig, Treadwell, Child, Wolterek), par contre, les cellules sexuelles seraient d'apparition si tardive que leur lignage n'a pu être décelé); naissant, comme on l'a pensé jusqu'ici, aux dépens d'éléments du mésoderme cœlomique, elles proviendraient de cellules ayant acquis déjà le caractère somatique. Ces deux ordres de faits concordaient donc et justifiaient l'opinion que le cas des Annélides était peu favorable, ou même nettement défavorable, à une question fondamentale de la Biologie : l'existence d'une lignée germinale, distincte de la lignée

(1) M. et Mme Villedieu, *Action des oxydes insolubles sur le mildiou de la pomme de terre* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 534).

somatique. Les recherches que je vais exposer contredisent formellement, en dehors de toute conception théorique, les données acceptées jusqu'ici; elles reposent sur trois groupes de faits qui seront successivement examinés : la situation et la genèse des ébauches génitales, par rapport à l'épithélium cœlomique; l'existence des cellules sexuelles, ou gonocytes, extérieures et indépendantes de l'épithélium cœlomique; l'existence dans le développement embryonnaire de deux cellules sexuelles primordiales.

*Constitution de l'ébauche génitale primitive : les gonocytes.* — La situation de la première ébauche génitale se décèle le mieux dans les segments postérieurs du corps, précédant immédiatement la zone pygidiale d'accroissement métamérique, chez les Salmacines dont l'évolution sexuelle est peu avancée. Les ébauches s'y rencontrent symétriquement à droite et à gauche de l'insertion du mésentère ventral (côté neural chez les Annélides), à une faible distance de la face postérieure du dissépiment transversal. A son état le plus simple et avant toute multiplication des éléments qui la composent à ce stade, chaque ébauche segmentaire comprend trois, quatre ou cinq cellules sexuelles qui sont les gonocytes. Les coupes rencontrent parfois deux, parfois trois gonocytes en plan transversal, mais n'en rencontrent souvent qu'un seul, les autres se trouvant en arrière ou en avant. Ces gonocytes, dont le cytoplasme réduit a des limites imprécises, se reconnaissent à leur noyau clair, régulièrement sphérique, plus volumineux en général que les noyaux des cellules somatiques, présentant des masses chromatiques en nombre sensiblement constant et fixe (14 ou 16) disposées à la périphérie de la sphère nucléaire, le centre de cette sphère paraissant optiquement vide; il n'y existe pas de nucléole et chacune des masses chromatiques correspond vraisemblablement à un chromosome. Cette phase nucléaire marque un état de long repos de l'activité mitosique.

Les caractères les plus importants de cette première ébauche, c'est que les gonocytes qui la constituent sont indépendants les uns des autres, indépendants de la membrane péritonéale et nettement extracœlomiques; ils ne forment aucune association épithéliale, se présentant en un mot sous une forme dissociée. Dans leur voisinage immédiat, l'épithélium cœlomique passe au-dessus d'eux, soit tout contre, soit à quelque distance, et n'est nullement modifié; il conserve son caractère purement endothélial avec ses noyaux proéminents, ovalaires, mais plus petits et chromatiquement très différents de ceux des gonocytes. Les constituants de l'ébauche sexuelle reposent dans le tissu sous-jacent à l'endothélium péritonéal, tissu mésenchymateux nutritif, peu abondant dans les segments postérieurs de

l'Annélide, et remplissant l'espace compris entre les parois du cœlome et les muscles longitudinaux. Les cellules sexuelles extracœlomiques constituent ainsi deux rangées, ou deux files parallèles et discontinues de part et d'autre de la ligne médiane formée par l'insertion du mésentère ventral. L'origine des gonocytes, qui sera examinée ultérieurement, confirmera leur entière indépendance de l'épithélium péritonéal.

*Accroissement de l'ébauche génitale dans le cœlome.* — Quand les gonocytes, après une longue phase d'inactivité, commencent à se multiplier, ils forment de petits amas ou de petits nids et leurs descendantes immédiates sont les cellules goniales. Celles-ci présentent, à ce moment, des noyaux ayant un des caractères de la mitose. Ces amas, au début de leur accroissement, constituent une petite bosselure soulevant la paroi péritonéale qui la recouvre et la sépare du cœlome, et l'ébauche est constituée par deux, trois ou quatre gonies, provenant d'un gonocyte initial. A ses débuts, elle est largement adhérente au tissu sous-jacent. A mesure qu'elle fait hernie dans la cavité du corps, sa base d'insertion, quand il s'agit d'une glande femelle, se rétrécit, tout en restant enveloppée par l'endothélium péritonéal. Elle se pédiculise et présente alors une disposition comparable à certaines asques de Champignons; la très jeune gonade pédiculée peut alors ne compter encore que quatre oogonies, toujours entourées et limitées par l'endothélium intact et inchangé. Puis l'ébauche s'allonge en un cordon ovarien étroit et saillant, qui, après une multiplication limitée des oogonies, se transforme en un cordon ovarien s'épaississant en massue à son extrémité libre; les oocytes, volumineux, sont peu nombreux. Pendant une longue période de l'accroissement des cellules femelles, l'endothélium est reconnaissable. Puis, comme chez les autres espèces du groupe des Annélides, les oocytes tombent, après rupture de l'endothélium, et deviennent libres dans le cœlome. Les gonades mâles qui, dans la *Salmacina Dysteri*, se développent dans les métamères génitaux antérieurs, présentent une genèse semblable; mais très rapidement à cause de la production considérable des spermatogonies, et de la libération précoce des produits sexuels dans le cœlome, les rapports primitifs de la gonade sont modifiés par la disparition de l'épithélium cœlomique.

En résumé, les glandes génitales, chez la Salmacine, et vraisemblablement chez la généralité des Annélides, ne dérivent pas d'une transformation de l'épithélium cœlomique, et celui-ci ne participe en rien à la genèse des cellules sexuelles. L'ébauche génitale tire son origine, de même qu'on l'a constaté chez beaucoup de Vertébrés, *d'une lignée de cellules sexuelles, les*

*gonocytes extracœlomiques*, situés dans le tissu mésenchymateux sous-jacent. Par leur multiplication, les gonocytes donnent les cellules goniales; celles-ci soulevant la paroi péritonéale font hernie dans le cœlome dont elles restent séparées plus ou moins longtemps par l'épithélium cœlomique; puis ce dernier disparaît et les cellules génitales directement en contact avec le cœlome y seront libérées ultérieurement.

ENTOMOLOGIE. — *La zoophilie chez les moustiques et son application à la prophylaxie.* Note de M. **J. Legendre**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Dans une Note antérieure [1], j'ai mis en évidence l'androphobie de deux espèces culicidiennes (*Culex pipiens* et *Anopheles maculipennis*) que j'avais observées dans une station balnéaire des Côtes-du-Nord où le culicine est commun et l'anophéline rare. Ces mêmes espèces ne se trouvent ni dans les basses-cours, ni dans les étables et doivent probablement se nourrir sur un oiseau sauvage. J'en avais conclu à la possibilité d'utiliser pour la prophylaxie l'androphobie de certains Culicides en les introduisant dans les régions où les moustiques sont androphiles pour essayer de les substituer à ceux-ci en établissant une concurrence vitale au stade larvaire entre les races qui piquent l'homme et celles qui ne le piquent pas.

A cet effet, j'avais transporté en juillet 1923 à Pons, où *Culex pipiens* et *C. hortensis* se nourrissent habituellement sur l'homme, un lot important d'œufs et de larves des *C. pipiens* bretons. La similitude dans les deux localités des gîtes larvaires à surface limitée : auges, barriques contenant de l'eau pour les usages domestiques, la rusticité des Culex bretons accoutumés à la concurrence interlarvaire dans des gîtes clos surpeuplés de larves du seul *C. pipiens* ou mélangés avec celles d'*A. maculipennis*, permettaient de supposer qu'ils sauraient tenir leur place dans les gîtes de même nature qu'ils trouveraient à Pons et éliminer en totalité ou en partie les moustiques androphiles de Saintonge.

A un an d'intervalle il était intéressant d'observer les Culex bretons dans leur nouvel habitat. J'ai pu me rendre compte, au cours d'investigations pendant l'été de 1924, que leurs fonctions de nutrition et de relation ne se sont pas modifiées. Éclos, comme en Bretagne, à quelques mètres des habitations, ils manifestent toujours à l'état d'imagos la même répugnance pour

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 790.

l'homme. Dans l'immeuble où je les ai plus spécialement observés, on les trouvait exclusivement et en petit nombre dans une resserre à paroi antérieure vitrée sise dans le jardin à 30m de la maison. Antérieurement à l'introduction à Pons des Culex bretons, il était impossible de trouver des moustiques dans ce local, mais facile d'en trouver dans les chambres de la maison. Après avoir passé la journée au repos dans cette resserre, ils se mobilisaient au coucher du soleil; ils provenaient d'un gîte situé en dehors, mais à proximité de l'immeuble. Ils avaient bien toutes les habitudes des Culex bretons; issus au contact d'une habitation occupée où il y a de jeunes sujets ils n'y pénètrent pas, alors qu'on y trouve des Chironomes et des Éphémères provenant du même gîte; on n'en voit pas davantage dans les maisons voisines. Ils ne piquent jamais l'homme, ne manifestent leur présence à aucun moment de la journée ou de la soirée; *pour les voir il faut les chercher*. Leur vol est silencieux et non bruyant comme celui des androphiles. Je n'ai pu trouver de femelles gorgées de sang, mais j'ai capturé plusieurs fois des femelles ovigères pour les faire pondre. L'oviposition et l'éclosion des larves avaient lieu dans les délais normaux.

En captivité comme en liberté ils montrent la même androphobie. Une quinzaine de Culex éclos le 12 août, mis en élevage dans une grande boîte, refusèrent à plusieurs reprises, dont la première un mois après l'éclosion, de piquer ma main placée dans leur cage pendant 5 à 10 minutes; ils ne s'en approchaient même pas, ne manifestaient ni curiosité ni crainte.

A partir de la fin de la première décade d'octobre, je trouvai presque chaque matin dans ma chambre et dans la chambre voisine deux ou trois femelles de *C. pipiens*. Ces femelles n'ont piqué personne; leur abdomen ne contient pas de sang. Comme en Bretagne à la même époque, elles rentrent en petit nombre dans les habitations pour passer l'hiver.

Les conclusions à tirer de l'introduction des Culex bretons à Pons sont nettes. Au moins dans le quartier où je les ai élevés l'année dernière, ils se sont multipliés, ainsi qu'il était à prévoir, et semblent s'être substitués entièrement à la race indigène androphile. Ils ont conservé sans modification leur androphobie dans les fonctions de nutrition et de relation. C'est qu'ils ont dû trouver dans leur nouvel habitat l'animal, leur hôte d'élection, ou un autre de leur goût. Si cette répugnance des moustiques de Pons pour l'homme persiste, il sera permis d'en conclure à la disparition des *C. pipiens* androphiles autochtones.

Cette méthode prophylactique d'opposition des Culicides zoophiles aux androphiles, ou *entomoprophylaxie*, est à mettre en pratique non seulement

contre les moustiques agents de transmission de la filariose, de la fièvre jaune et de la dengue, mais aussi contre les moustiques propagateurs de la malaria.

Les résultats de l'acclimatation des Culicides inoffensifs dans des régions à Culicides nuisibles varieront avec les conditions biologiques que les premiers trouveront dans leur nouvel habitat; il en est ainsi de l'introduction dans un milieu nouveau de tout animal terrestre ou aquatique. L'entomoculture culicidienne ne sera, le plus souvent, que de la stagniculture dans des auges, tonneaux, mares, etc., véritables petits étangs à moustiques où les zoophiles au stade ailé de leur existence pourront, une fois introduits dans une localité, se propager dans tous les gîtes sans intervention nouvelle de l'homme.

L'entomoprophylaxie, utilisant non seulement les Culicides zoophiles mais aussi, parmi les Anophélines, les espèces réputées inaptes à servir d'hôtes à l'hématozoaire de la malaria, sera utilement applicable en France pour les Culicines dans les villes telles que Strasbourg, La Rochelle, etc., où ils sont un tourment, en Afrique du Nord et dans nos colonies pour les Culicines et Anophélines qui y sont un danger. Dans sa défense contre les moustiques, l'homme doit rechercher les auxiliaires capables de multiplier son effort par leur nombre et par le jeu de leurs instincts, ainsi qu'on le fait avec succès contre les insectes nuisibles aux plantes en leur opposant d'autres insectes qui sont leurs ennemis naturels.

ENTOMOLOGIE. — *Sur une nouvelle maladie des chenilles de* Pieris Brassicæ *L. et sur les maladies du noyau chez les insectes.* Note [1] de M. **A. Paillot**, présentée par M. Paul Marchal.

Dans une Note précédente [2], nous avons montré que la cause de la Grasserie du Ver à soie devait être attribuée à un agent microbien visible seulement à l'ultramicroscope et parasite vraisemblablement endocellulaire. Des faits de même ordre, et qui jettent de nouvelles lumières sur l'étiologie de la Grasserie et des maladies similaires, viennent d'être mis en évidence par l'étude d'un type nouveau de maladie des chenilles de *Pieris brassicæ*. Dès 1917, nous avons constaté l'existence de cette maladie très répandue et cepandant non signalée jusqu'ici. Les chenilles malades ne se

[1] Séance du 1er décembre 1924.

[2] *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 229.

distinguent pas extérieurement des chenilles saines; dans leur sang plus ou moins trouble, on n'observe la présence d'aucun microbe, mais seulement de cellules sanguines plus ou moins altérées, de débris cellulaires ou de globules de graisse et d'éléments hyalins de forme très irrégulière : droits ou contournés, simples ou ramifiés, renflés en général en plusieurs points de leur longueur. Ces corps prennent naissance dans les cellules sanguines ou adipeuses par un processus qui rappelle celui de la formation des corps polyédriques dans la Grasserie du Ver à soie.

La maladie est de nature infectieuse : si l'on inocule dans la cavité générale de chenilles de Piéride, une gouttelette de sang infecté, même très diluée, on déclanche les symptômes caractéristiques de la maladie. Ces symptômes apparaissent beaucoup plus tôt que dans la Grasserie : ils se manifestent par une altération très curieuse de la chromatine du noyau de certaines cellules sanguines, en particulier, du noyau des micronucléocytes et des œnocytoïdes. Il est facile de suivre les phases successives de la transformation nucléaire en colorant des frottis de sang avec le mélange de Giemsa. Quelques heures après l'inoculation, on constate que la chromatine, normalement répartie en grains de petite taille, a tendance à se condenser en masses plus ou moins grosses et de forme très irrégulière. Certains aspects rappellent des phases de la division caryocinétique; ces masses peuvent se disperser dans le cytoplasme de la cellule; mais on observe le plus souvent une sorte d'infiltration de la chromatine dans le protoplasme; les cellules apparaissent alors avec deux noyaux dissemblables : l'un formé de masses de chromatine, l'autre constitué par de la chromatine diffuse. Dans une phase ultérieure, une partie ou la totalité de la chromatine diffuse se dispose en anneau équatorial; ces anneaux apparaissent très nettement à l'état frais, grâce à leur forte réfringence. Dans une dernière phase, la cellule est détruite et les anneaux flottent en liberté dans le sang; à ce moment, ces derniers ne possèdent plus les réactions colorantes de la chromatine et leur présence ne peut être constatée que par examen du sang à l'état frais; ils peuvent s'ouvrir et donner naissance à des corps rectilignes plus ou moins allongés dont beaucoup présentent des renflements. Les corps hyalins résultant de la transformation de la chromatine nucléaire peuvent présenter des ramifications et des anastomoses; c'est ce qui se produit par exemple dans les cellules adipeuses. Quelle que soit leur forme, on doit les considérer comme les homologues des corps polyédriques réguliers qui naissent à la suite de l'altération nucléaire au cours de l'évolution de la Grasserie du Ver à soie.

Contrairement à ce qui se passe dans cette dernière maladie, le tissu adipeux n'est pas détruit en totalité; d'autre part, les macronucléocytes du sang ne paraissent pas subir d'altération. La maladie des chenilles de Piéride serait donc d'un caractère plus bénin que les maladies à polyèdres en général. Cependant, nous avons pu constater, pendant les chaleurs de l'été, une mortalité assez importante parmi les très jeunes chenilles de Piéride; l'examen du sang des chenilles malades nous a permis de mettre en évidence les lésions caractéristiques de la maladie. D'autre part, il est assez curieux de constater que les plantations de Choux où la maladie a sévi avec le plus d'intensité pendant l'été, n'ont pas eu à souffrir de la génération d'automne; le rôle économique de la maladie serait donc plus important que ne le laissent prévoir les caractères pathologiques.

L'examen ultramicroscopique du sang de chenille en voie d'infection révèle l'existence de granules très petits en suspension dans le sang; ces granules sont animés de mouvements à grande amplitude et ne peuvent être distingués de ceux que nous avons observés dans le sang des Vers à soie atteints de Grasserie. On les observe nettement dans le cytoplasme de certaines cellules, principalement dans les vacuoles résultant de la liquéfaction du cytoplasme. La filtration sur bougie de porcelaine à pores fins arrête les granules ultramicroscopiques et détruit la virulence du sang. Le chauffage à 70° diminue la virulence sans la supprimer complètement; la destruction de la virulence est complète à 75°.

De nos expériences, on est en droit de conclure que les granules représentent l'agent actif de la maladie. Ils ne présentent rien de commun avec les Chlamydozoaires décrits récemment par Komarek et Breindl [1] dans les polyèdres nucléaires des chenilles de *Lymantria* (= *Psilura*) *monacha* atteintes de « Polyederkrankheit ». La présence des granules dans les cellules sanguines laisse supposer que le virus est un parasite intracellulaire. L'action de la chaleur sur l'évolution du parasite n'est pas aussi marquée que sur celle du parasite de la Grasserie; cependant, nous avons pu constater que les symptômes apparaissent d'autant plus rapidement que la température ambiante est plus élevée. Contrairement à ce qui se passe dans la Grasserie, la maladie évolue très bien à température inférieure à 18° C. L'évolution paraît suspendue à température inférieure à 8° C.

Nos recherches sur la Grasserie du Ver à soie, sur la maladie à polyèdres de *Lymantria dispar*, sur la maladie des chenilles de Piéride; les

---

[1] *Zeitsch. f. angewandte Entomologie*, Bd 10, Heft I, 1924, p. 99-162.

résultats des observations d'autres auteurs sur les deux premières maladies et sur la « Polyederkrankheit » de *L. monacha*, nous permettent de tirer les conclusions générales suivantes :

1° Il existe chez les chenilles de Macrolépidoptères un type de maladie de nature infectieuse caractérisé par l'altération du noyau de certaines cellules de l'organisme, cellules sanguines et adipeuses principalement; nous proposons de donner à ces maladies le nom de « maladies du noyau », plus général que celui de « maladies à polyèdres »;

2° La cause des maladies du noyau chez les Insectes est un microorganisme vraisemblablement endocellulaire (intracytoplasmique) visible à l'ultramicroscope, mais non colorable par les méthodes ordinaires. Ces microorganismes ne peuvent être classés avec certitude parmi les Bactéries ou les Protozoaires;

3° Les maladies du noyau sont héréditaires.

PHOTOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la fluorescence de quelques composés métalliques de l'hématoporphyrine.* Note de MM. **Ch. Dhéré**, **A. Schneider** et **Th. van der Bom**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Parmi les composés métalliques de l'hématoporphyrine qu'on peut préparer artificiellement [1], certains n'émettent pas de lumière fluorescente correspondant à la plage rouge jaune du spectre (combinaisons avec le cuivre, le fer ou le cobalt); d'autres, au contraire, émettent des radiations fluorescentes comprises dans cette plage spectrale (combinaisons avec le zinc, l'étain, le plomb et le cadmium).

1° Combinaison avec Zn. — Obtenue en milieu ammoniacal par addition d'hydroxyde de zinc. Le composé est précipité par addition d'acide acétique. Le pigment, après lavage et dessiccation, est dissous dans l'alcool absolu et la liqueur présente une forte fluorescence d'un orangé jaune (rayons excitateurs de $\lambda < 470^{\mu\mu}$). Les déterminations photographiques du spectre de fluorescence [2], avec une solution à 1 *cinquante-millième*, ont fourni les résultats suivants ($\lambda$ en $\mu\mu$) :

---

(1) Cf. J.-A. Milroy, *Biochemical Journal*, t. 12, 1918, p. 318.

(2) Nous avons procédé exactement comme il a été dit dans notre Note communiquée le 28 juillet 1924 (*Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 351).

| Durée de pose. | Limites extrêmes. | Structure. Bande I. | Bande II. |
|---|---|---|---|
| 45 secondes......... | 636-579 | 636-616 | 583-579 |
| 90 » ......... | 637-576 | 637-616 | 587-576 |
| 3 minutes.......... | 644-572 | 644-615 | 592-572 |
| 6 » .......... | 645-572 | 645-615 | 593-572 |
| 12 » .......... | 648-569 | 648-614 | 594-569 |

Un *minimum* (de 626-621 environ) est nettement visible dans la bande I des quatre derniers spectres.

2° Combinaison avec Sn. — Obtenue en milieu acétique par addition de $SnCl^2$. On dilue la liqueur avec de l'eau et l'on extrait le pigment avec du chloroforme. La solution chloroformique est concentrée par distillation sous pression réduite et mise à évaporer complètement dans le vide au-dessus de chaux sodée. Dissous dans l'alcool absolu [1], le composé stanneux présente une fluorescence d'un orangé jaune. Les déterminations photographiques, avec une solution à 1 *vingt-millième*, ont fourni les résultats suivants :

| Durée de pose. | Limites extrêmes. | Structure. Bande I (lueur). | Bande II. |
|---|---|---|---|
| 45 secondes... | 636-576 | 635-627 | |
| 90 » ... | 637-576 | 635-627 | 583- ? |
| 3 minutes.... | 642-573 | 636-627 (627-620) | 585-576 |
| 6 » .... | 649-568 | 644-620 (620-614) | 588-574 |
| 12 » .... | 654-567 | 648-613 | 590-572 |

Un *maximum secondaire*, ayant pour axe 603 environ, est visible sur les deux derniers spectres.

3° Combinaison avec Pb. — Préparée suivant les indications de Milroy, en présence de soude. La préparation réussit également en remplaçant la soude par l'ammoniaque. Dans les deux cas, fluorescence rouge orangé de la liqueur. Cette fluorescence est nette aussi avec le produit privé d'ammoniaque (par distillation) et dissous dans l'alcool absolu.

---

(1) Le très remarquable spectre d'absorption du pigment stanneux, *dissous dans l'alcool acétique ou dans l'alcool acidifié*, a été découvert et bien décrit par Milroy. Nous avons constaté que, *dissous dans l'alcool absolu* (*ou dans l'ammoniaque concentrée*), notre produit possédait un spectre très analogue; en outre, c'était seulement quand les deux bandes principales, caractéristiques, étaient presque fusionnées qu'on parvenait à distinguer avec une netteté suffisante (comme en milieu acide) une bande supplémentaire dans l'orangé (emploi d'un spectroscope à prisme).

D'après Langecker (1921), ce composé possède une fluorescence verte. On a bien l'impression qu'il en est ainsi en éclairant la liqueur avec de la lumière blanche (ou mieux avec de la lumière filtrée, de $\lambda < 610^{\mu\mu}$); mais il ne doit pas s'agir d'un phénomène de fluorescence, car toute coloration verte disparaît dès que les radiations vertes ont été exclues du faisceau excitateur, par interposition sur son trajet d'un filtre approprié (solution de violet de méthyle, par exemple).

4° Combinaison avec Cd. — En procédant comme l'a indiqué Milroy, on obtient une liqueur offrant une fluorescence orangée assez forte.

*Les résultats que nous avons obtenus avec les composés de zinc et d'étain nous semblent particulièrement intéressants et significatifs.* Dans ces deux cas, en effet, les spectres de fluorescence ont été déterminés d'une façon précise; de plus, les composés avaient été, après isolement, dissous dans l'alcool absolu, et ils avaient été préparés à partir d'hématoporphyrine libre et cristallisée. Or nous constatons, d'une part, que les spectres de fluorescence de ces deux composés, — qui (comme les spectres d'absorption) sont semblables à première vue, — offrent de curieux détails de structure caractéristiques (présence d'un *minimum* dans la bande I du *composé de* Zn, présence d'un *maximum secondaire* entre les bandes I et II du *composé de* Sn). D'autre part, les spectres de fluorescence de ces composés métalliques diffèrent beaucoup par leur structure de celui de l'hématoporphyrine libre [dissoute également dans l'alcool absolu (1)] et ils s'étendent bien davantage dans l'orangé et le jaune, en conservant une grande intensité.

BIOLOGIE. — *Sur une méthode nouvelle de parthénogénèse expérimentale et son interprétation.* Note (2) de M. **Albert Dalcq.**

On a souvent cherché à expliquer la parthénogénèse expérimentale par des actions chimiques. Mais les théories conçues dans cet esprit se heurtaient jusqu'ici à cette objection, formulée par Delage : dans les méthodes classiques, l'activation ne se manifeste pas, ou seulement de façon rudimentaire, dans la solution à laquelle on attribue l'action chimique initiatrice du développement; la segmentation exige le retour à l'eau de mer, et ne survient qu'après un délai appréciable. Or, il n'en est pas nécessairement ainsi. Au cours de nos recherches sur la physiologie de l'œuf en maturation, nous

---

(1) Voir notre Note déjà citée.
(2) Séance du 1er décembre 1924.

avons constaté que l'on peut obtenir dans un seul et même milieu la maturation, l'activation et la segmentation de l'œuf d'*Asterias glacialis*.

On prélève les oocytes d'un ovaire mûr et on les place dans un mélange de NaCl, KCl, $MgCl^2$ et $CaCl^2$. La solution doit être isotonique ou légèrement hypotonique à l'eau de mer et contenir un excès de $CaCl^2$ (60 à 80 pour 100 de la solution isotonique de ce chlorure). Une fois entrés en maturation, les œufs expulsent en général un seul globule polaire, de volume exagéré ([1]). Le pronucleus s'étant reconstitué, ils restent plusieurs heures au repos. Puis, dans la solution même, ils entrent en segmentation. Dans les expériences les mieux réussies, plus de 95 pour 100 des œufs se sont clivés dans ces conditions. Les morulas ont alors été reportées dans l'eau de mer et ont donné des larves qui, sans être parfaites, étaient douées d'une grande vitalité et ont été observées pendant 15 jours.

La méthode ne réussit naturellement que mieux si l'on transfère les œufs activés au milieu normal avant leur segmentation; mais au point de vue théorique, la possibilité du clivage dans la solution activante est d'une grande importance; elle oriente l'interprétation dans le sens d'une action directe, chimique ou physico-chimique, du milieu sur les œufs.

Or, cette méthode si simple se prête admirablement à l'analyse. Elle permet de voir que l'activation peut se présenter sous une série de formes de plus en plus parfaites, qui jalonnent en quelque sorte la mise en branle des rouages de la division cellulaire. A côté des images banales de monaster, d'asters accessoires de lobulation désordonnée du corps cellulaire, signalons les processus d'*autotomie végétative* et de *segmentation partielle* ([1]).

Le premier consiste en un clivage du cytoplasme suivant un plan perpendiculaire à l'axe de polarité. Ce mode spécial de division, qui a la régularité d'un plasmodiérèse typique, se produit vers le moment où l'œuf devrait se segmenter. Il isole un lobe végétatif, anucléé d'un lobe animal, nucléé. L'autotomie végétative a ceci de remarquable, au point de vue de la physiologie de la division cellulaire, qu'elle peut s'accomplir sans qu'aucune irradiation astérienne apparaisse dans l'œuf. Mais en pareil cas, celui-ci ne va pas plus loin. La segmentation partielle survient lorsque le réveil de l'activité nucléaire et astérienne se greffe sur l'autotomie végétative. Elle peut donner des larves imparfaites, qui vivent quelques jours. En dehors de leur intérêt cytologique intrinsèque, l'autotomie végétative et la segmentation partielle réalisent une transition entre l'œuf inerte ou légèrement activé et la segmentation totale. Celle-ci peut d'ailleurs présenter encore des nuances dans le degré de concordance entre la caryocinèse et la plasmodiérèse.

Mais le procédé d'activation par les mélanges riches en Ca ne révèle

---

([1]) Voir *C. R. de la Société de Biologie*, t. 90, 1924, p. 957 et 961.

([2]) Voir *Bulletin d'Histologie appliquée...*, t. 1, novembre 1924, p. 465.

pas seulement les étapes morphologiques du processus. Il permet encore d'en saisir le déterminisme en comparant les effets de solutions variées sur les œufs d'un même ovaire. Des milieux contenant la même proportion de $CaCl^2$ donnent des résultats nettement différents suivant que l'on y introduit en outre $NaCl$, $KCl$ ou $MgCl^2$, ou encore des mélanges divers de ces chlorures. Toutes choses égales d'ailleurs, les œufs laissés à demeure depuis la ponte dans ces solutions montrent, lorsque Na prédomine sur Mg et K, une tendance marquée à l'autotomie végétative et à la lobulation corticale, tandis que la prédominance du Mg suscite au contraire l'activité nucléo-astérienne. Si l'on introduit dans le mélange du K en proportion convenable, les manifestations de l'activation sont plus tardives mais prennent l'allure plus parfaite de la segmentation. Il semble qu'en prolongeant les élaborations de la phase de repos apparent, le K rétablisse l'harmonie entre les effets respectifs du Na et du Mg sur la plasmodiérèse et la caryocinèse. Ce rôle frénateur et régulateur du potassium sur la division cellulaire pourrait avoir une portée biologique considérable.

En tous cas, il apparaît ici que la segmentation de l'œuf vierge d'*Asterias glacialis* est la résultante des effets spécifiques des divers cations. Ceux-ci n'agissent pas seulement suivant leur valence, mais encore et surtout selon leurs affinités chimiques à l'égard des électrolytes colloïdaux qui constituent l'œuf et de leurs complexes. Dans les conditions où elle se présente dans ces expériences, l'activation ne peut s'expliquer par une augmentation de la perméabilité, comme le voudrait la théorie de R.-S. Lillie, car les solutions riches en Ca diminuent plutôt la perméabilité de l'œuf vierge aux sels. Cette objection, jointe à celles déjà formulées par Herlant (¹) et par Courrier (²), confirme l'idée que l'augmentation de perméabilité est la conséquence et non la cause de l'activation. Se croyant obligé d'éliminer une interprétation chimique en raison de la nécessité du retour au milieu normal, Herlant avait été amené à invoquer un « ébranlement » du système colloïdal formé par le protoplasme. Les faits que je résume ici permettent de revenir à la théorie chimique en la basant sur l'action spécifique des cations. Mais il faut bien noter qu'aucun de ces éléments ne peut agir à lui seul. Suivant une loi qui tend à se généraliser de plus en plus, l'effet physiologique dépend de la proportion des cations présents dans le milieu. Il resterait à examiner si les méthodes de Lœb et de Delage pourraient s'interpréter dans cet esprit.

---

(¹) *Archives de Biologie*, t. 30, 1920, p. 517.

(²) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 197.

Diverses indications, qui seront exposées dans un Mémoire *in extenso* (¹), incitent à croire que l'activation de l'œuf d'*Asterias glacialis* par l'eau de mer saturée de $CO^2$ (Delage) procède également d'une modification de l'équilibre des cations intraovulaires. Quant aux autres techniques, on peut supposer que l'œuf subit tout d'abord au contact des réactifs chimiques qu'on lui impose, une altération capable de déterminer, après le retour à l'eau de mer, un appel électif de certains ions. C'est donc en réalité dans le milieu normal que s'accomplirait ce qu'il y a d'essentiel dans l'activation.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La réduction chez une Némerte* (Lineus lacteus *Gr.*). Note (²) de M. C. **Dawydoff**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans une Note précédente (³), j'ai présenté les résultats de la réduction des fragments céphaliques d'une Némerte (*Lineus lacteus*) transformés en Némertes complètes et ayant subi un jeûne de 12-18 mois. J'avais tenté de prolonger ces expériences le plus longtemps possible afin de connaître si la réduction peut se continuer progressivement et, dans ce cas, jusqu'à quel point le processus peut arriver. J'ai rencontré, dans mes recherches, des difficultés extraordinaires et qui croissent en raison de la durée de l'expérience.

Pour obtenir des résultats positifs, il est indispensable de soumettre les Némertes réduites au régime le plus dur sous le rapport des conditions extérieures. Il faut les maintenir constamment dans l'eau non aérée. Driesch l'a constaté pour les Clavelines et je peux le confirmer pour les Némertes. Il faut laisser toujours les animaux expérimentés absolument tranquilles dans l'obscurité complète et ne les examiner que dans les cas vraiment nécessaires. Une des conditions les plus importantes est de ne pas changer l'eau de la cuvette et de lui conserver sa densité en y versant de l'eau douce filtrée. Si l'on a la chance de conserver, dans ces conditions, les Némertes vivantes, on constate que le processus de la réduction a progressé.

Il est à remarquer que déjà, à partir d'un an, les résultats de l'expérience deviennent de plus en plus aléatoires, la mortalité devenant considérable. Ainsi, sur un nombre de 4600 individus de *Lineus*, soumis à la réduction, j'ai réussi à atteindre avec 144 exemplaires le stade de 12 mois et 5 seulement ont dépassé le stade de 20 mois.

(¹) Ce Mémoire paraîtra dans un autre Recueil.
(²) Séance du 1ᵉʳ décembre 1924.
(³) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1222.

J'ai réussi à pousser trois individus au stade de 24 mois et deux au stade de 27 mois.

Dans le premier cas (24 mois), les Némertes réduites se présentent sous la forme de corps ovoïdes, dont les dimensions ne dépassent pas celles d'un Infusoire (*Paramæcium*). On les voit à peu près immobiles dans les kystes où les *Lineus* sont presque toujours inclus, déjà à partir des premiers mois d'inanition. Sur des coupes, nous trouvons d'abord une enveloppe extérieure — reste d'ectoderme — qui conserve encore parfois des traces de cils vibratiles. Ce sac ectodermique est rempli de grosses cellules sphériques, de différentes grandeurs et d'aspect embryonnaire. Parmi ces éléments actifs (ils se nourrissent par phagocytose aux dépens des éléments des tissus détruits), on peut distinguer facilement les restes des derniers organes qui n'ont pas encore complètement disparu. Ce sont le cerveau et le tube digestif. Le premier est en état de dégénérescence complète, il n'en reste que des débris de masse ganglionnaire et des traces de substance ponctuée. Il est évident que les éléments nerveux sont destinés à disparaître complètement, étant incapables de dédifférenciation. Ils ne prennent aucune part aux processus ultérieurs et n'entrent pas en ligne de compte dans la conservation de l'individualité de l'organisme réduit. Il n'en va pas de même pour le tube digestif. Chez les trois individus étudiés, ce dernier se présente sous forme d'une petite vésicule close, dont les cellules (peu nombreuses) manifestent une tendance évidente à se transformer en éléments isolés d'aspect mésenchymateux. Ainsi, cette vésicule n'a déjà plus de parois épithéliales, mais sa cavité se trouve assez mal limitée par de grosses cellules de configuration irrégulière et munies de prolongements protoplasmiques allongés et irrégulièrement ramifiés. Il ne reste aucun doute que les éléments en question sont en voie de se transformer en ces grosses cellules d'aspect embryonnaire dont nous avons parlé plus haut. Il est évident que ces dernières sont tout ce qui reste de l'organisation très compliquée de la Némerte. Il s'agit donc d'un processus de dédifférenciation graduelle qui tend, évidemment, à effacer toutes les traces de différenciation histologique en forçant l'organisme à se rendre, pas à pas, vers son état embryonnaire primitif.

Le stade de 27 mois est encore plus remarquable. Malheureusement je ne l'ai observé que sur deux individus dont l'un était en très mauvais état, ce qui m'a privé de la possibilité de l'étudier par les méthodes précises. Etudiée sur coupes, l'autre Némerte réduite se présente sous forme d'une pelote de très grosses cellules sphériques, enclose dans une membrane

homogène. Il s'agit ici, à mon avis, du kyste nucléé, dans lequel sont incluses presque toujours les Némertes en inanition. Ce qui saute aux yeux, ce sont les dimensions des cellules qui constituent la pelote en question. Ce sont des éléments vraiment géants par comparaison avec les cellules sphériques que nous avons trouvées au stade précédent. Leur nombre est très restreint. Elles sont absolument uniformes et manifestent un caractère véritablement embryonnaire.

Ce caractère purement embryonnaire et surtout les dimensions de ces cellules, constituant la pelote moruliforme — peu serrée d'ailleurs —, tout cela pourrait donner l'idée qu'ici nous nous trouvons peut-être en présence de cellules génitales. On pourrait admettre que ces dernières sont les seules qui restent intactes au cours de la réduction, qu'elles ont phagocyté tous les éléments somatiques et se soient trouvées capables de conserver, jusqu'à ce moment critique, leur individualité et leur structure.

Je rejette catégoriquement cette hypothèse. En effet, les Némertes, auxquelles je fais subir la réduction, sont, dès l'abord, dépourvues de toutes traces d'éléments génitaux.

Je pars de fragments céphaliques de *Lineus lacteus*, obtenus par une section dans la région du cerveau — $3^{mm}$ à $4^{mm}$ en avant de la bouche — c'est-à-dire complètement indemnes de tissu génital, même sous forme latente. Depuis que j'expérimente, je n'ai jamais observé l'apparition d'éléments génitaux dans de pareils fragments appelés à se régénérer.

J'attire l'attention sur un fait d'une importance capitale. Nous trouvons, dans certaines grosses cellules de la pelote en question, deux et même trois noyaux. Cela prouve, à mon avis, leur formation par fusion des éléments sphériques que nous avons observés au stade précédent.

Il est clair que des expériences plus nombreuses et plus complètes sont nécessaires pour analyser de plus près le problème, mais les résultats obtenus sont suffisants, semble-t-il, pour nous encourager à espérer qu'un jour nous pourrons obtenir la réduction de cet organisme complexe à une cellule unique, c'est-à-dire au stade œuf.

A $16^{h}$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^{h}30^{m}$.

A. Lx.

---

## ERRATA.

—

(Séance du 20 octobre 1924.)

Note de M. *J. Guillaume*, Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le premier trimestre de 1924 :

Page 753, ligne 13, *au lieu de* diminué davantage au nord qu'au sud, *lire* diminué au nord et augmenté au sud; ligne 14, *au lieu de* $+13°,3$, *lire* $+23°,0$.

(Séance du 24 novembre 1924.)

Note de M. *Jules Andrade*, Un curieux théorème de Métrologie et ses applications à la Chronométrie :

Page 1120, ligne 19, *au lieu de* $R^2P^2$, *lire* RP au dénominateur.